## 福岡県東部、今川・祓川流域の元素濃度分布

高本 のぞみ\*,\*\*・柚原 雅樹\*・古川 直道\*

(平成17年5月31日受理)

# Areal distribution of 26 elements in the Ima River and Harai River basins in the eastern part of Fukuoka Prefecture, Southwest Japan

Nozomi TAKAMOTO\*.\*\*, Masaki Yuhara\* and Naomichi Furukawa\*

(Received May 31, 2005)

## Abstract

We collected stream sediments from the Ima River and Harai River in the eastern part of Fukuoka Prefecture, and made geochemical maps in order to make a environmental assessment. The Triassic Tagawa metamorphic rocks, Cretaceous granitoids, late Miocene to early Pliocene Kitasakamoto Formation, early Pliocene Hikosan Volcanics and Quaternary system are outcropped in this area. The Cretaceous granitoids are divided into the Asakura Granodiorite, Soeda Granodiorite, Masaki Granite and Yusubaru Granite. Sample collection was performed by method of Tanaka et al. (2001). The collected samples (89 stream sediments and 20 rock 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, and 12 samples were mineralogically analyzed by X-ray diffractometer. Major rock-forming minerals (biotite, hornblende, pyroxene, plagioclase, K-feldspar, ilmenite) separated from the some samples were also analyzed. The distribution of each element on the geochemical maps are explained by difference of areal geology and accumulation of rock-forming minerals; obvious anthropogenic contamination is not detected in this area, excepting Pb enrichment at one point.

Key words: geochemical map, the Ima River basin, the Harai River basin, environmental assessment, Fukuoka Prefecture

<sup>\*</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

<sup>\*\*</sup> 現所属:北九州典礼会館, 〒802-0083 北九州市小倉北区江南町4-20

Present address: Kitakyushu Tenreihall, 4-20 Enami-cho, Kokurakita-ku, Kitakyusyu 802-0083, Japan 地球惑星科学関連学会2004年合同大会にて発表.

#### 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、これまで地表での重金属の局所的な 異常濃集帯を発見し、その周辺に存在する鉱床 を探査する目的で利用されてきた.近年,環境 評価を目的として、北アイルランド (Webb et al., 1973, 1978), 米国アラスカ (Weaver et al., 1983), 西ドイツ(現ドイツ) (Fauth et al., 1985), フィンランド (Koljonen, 1992), ポー ランド (Lis and Pasiecana, 1995) などで全国 規模の地球化学図が作成されている. 国内では, 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)、北海道の中・北部地域(官・黒 沢、1996)、日本海の能登半島沖から秋田沖に かけての海域 (今井ほか, 1997), 山形市周辺 地域 (太田ほか, 2002), 仙台市周辺地域 (太 田ほか、2003)などで地球化学図が作成され、 それをもとにした地圏環境評価が行われている. これまでの地球化学図は、いずれも限定された 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. 最近, 産業技術総合研 究所地質調査総合センターによって,国土の全

域に渡る地球化学図が作成された(今井ほか, 2004). このような国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、非常に重要であると考えられる、し かしこの地球化学図では、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. このことは今井ほか (2004) でも指摘されている. さらに、地球化 学図を用いた地圏環境評価において、伊藤ほか (1991)、戸上ほか (1997)、太田ほか (2002) は数値的解析によって評価を行っているが、こ れには, 元素の濃度分布と地質との関連性を必 ずしも正確に評価していない可能性があると考 えられる. そこで, 福岡県東部の田川郡および 京都郡の今川および祓川 流域(Fig.1)におい て、より精度の高い地球化学図を作成し、それ をもとに、調査地域に分布する岩石およびその 構成鉱物の化学組成を用いた元素濃集過程の解 析による地圏環境評価を行った.

#### 地質概説

調査地域の地質図を Fig. 2に示す.本地域は 三畳紀の田川変成岩類,白亜紀花崗岩類,中新



Fig. 1. Location of the Ima River and Harai River.



Fig. 2. Geological map of studied area. The map is modified from 1/200,000 geological map "Fukuoka" (Kubo et al., 1993).

世後期~鮮新世初期の北坂本累層,鮮新世前期 の英彦山火山岩類, 第四系からなる(久保ほか, 1993).田川変成岩類は三郡変成岩に対比され, 主に調査地域中央部に分布し、そのほか各所に 点在している. 主に砂質~泥質片岩からなり. わずかに珪質片岩、苦鉄性片岩をともなう(松 本, 1951). 白亜紀花崗岩類は, 斑れい岩なら びに閃緑岩,朝倉花崗閃緑岩,添田花崗閃緑岩, 真崎花崗岩,油須原花崗岩からなる.閃緑岩は 今川支流に小規模に分布し、細粒普通角閃石黒 雲母閃緑岩からなる.朝倉花崗閃緑岩は、調査 地域北部に小規模な岩体として分布する中粒斑 状普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩である。添田花 崗閃緑岩は、調査地域南半部に分布する中粒塊<br /> 状普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩である. 真崎花 崗岩は,調査地域北半部に広く分布する中粒斑 状黒雲母花崗岩であり、ペグマタイトをともな う.油須原花崗岩は、調査地域中部で、真崎花 崗岩に密接にともなって分布する細粒黒雲母花 崗岩である.北坂本累層は,調査地域南半部の 主に尾根部に分布する.本累層は安山岩~デイ サイト質溶岩、凝灰角礫岩および礫岩からなり、 基底礫岩をともなう(英彦山団研グループ, 1984). 英彦山火山岩類は、調査地域南端部の 英彦山山系の稜線を中心とした地域に分布し, 輝石安山岩質溶岩、凝灰角礫岩および礫岩から なる (英彦山団研グループ, 1987). 第四系は, 調査地域北部の平野部とその周辺部に分布し, 更新世後期の中位段丘堆積物と完新世の沖積層 からなる.これらは未固結の砂,泥および礫か らなる (久保ほか, 1993).

## 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,河川堆積物を採取 した.地球化学図作成のための試料には,河川 堆積物のほか,岩石,土壌,湖沼堆積物,氷河 堆積物,地下水,河川水なども考えられる.こ のうち,岩石は地表に分布する元素の主要な供 給源であり,基本的な元素濃度分布を支配して いると考えられているが,場所による不均質が あり,風化などにより化学組成が大きく変化す る(今井ほか,2004).さらに,広範囲にわた

り、同程度の試料採取密度を維持することも難 しいと考えられる。また、岩石は人為的な汚染 に関する情報は全く持っていない(今井ほか, 2004).これに対して、河川堆積物は、その試 料を採取した地点より上流域に分布する岩石や 堆積物,土壌等が,河川が流下する際に削剥, 混合されてできたものと考えられる. このため, 日本のように山地が多く,河川系の発達した地 形においては、広い領域を効率よくカバーする 試料として,河川堆積物が最も適しているとさ れ (上岡ほか, 1991), 多くの研究者が河川堆 積物を用いて地球化学図を作成している. 欧米 の地球化学図においても,河川堆積物が使用さ れている場合が多い(上岡ほか, 1991).この ように河川堆積物が広く地球化学図の試料とし て用いられていること, 試料採取方法が比較的 簡単なことから,本研究でも河川堆積物を取り 扱うことにした. その他の試料の長所・短所に ついては、今井ほか(2004)にまとめられてい るので、そちらを参照されたい.

試料採取地点は Appendix 1に示した. 今井 ほか(2004)の分析試料のうち、本研究の試料 採取範囲から採取されたものは2試料にすぎな い. 試料採取は2003年3月~11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メッシュ(180µm)以下を分析試 料とした.本研究の試料採取方法の詳細につい ては、古川ほか(2004)が報告している.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代表的 な岩石を露頭および転石から採取した (Appendix 1). 鏡下観察により決定した岩石試料の鉱 物組み合わせを Table 1 に示す. 岩石試料の処 理は、柚原・田口(2003 a)に従った、岩石な らびに河川堆積物試料の一部から60メッシュ (250 µm) ~80メッシュの鉱物試料(斜長石, カリ長石,輝石,黒雲母,粘土化した黒雲母, 普通角閃石,チタン鉄鉱)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.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) および微量成分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)、柚原ほ か(2004)に従った.Asは、柚原ほか(2004) の測定法に従い、地質調査総合センターの岩石 標準試料15試料(JG-1a,JG-2,JG-3,JR-1, JR-2, JA-1, JA-2, JA-3, JB-1b, JB-2, JB-3, JGb-1, JF-1, JP-1, JCh-1) と南アフリ カ地質調査所の岩石標準試料 (SABS) 1 試料 (SARM-48),および,これらを混合した二次 試料4試料を使用した検量線を用いて定量した. 測定条件を Table 2に示す. Rh 管球を使用し た場合, As-Kaに Pb-Laが干渉するので, 付 属のソフトウェアを用いて重なり補正を行った. 作成した検量線を Fig. 3に示す.また、検量線 の正確度ならびに IB-1b より求めた検出限界 を Table 3に示す. 試料の吸着水 (H<sub>2</sub>O<sup>-</sup>) お

よび構造水(H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>)は、強熱減量法により定 量した. FeO は過マンガン酸カリウム滴定法 により定量した. 測定結果を Tables 4, 5, Appendix 2に示す. 柚原・田口 (2003a) に従っ て処理した岩石試料は、粉砕時にタングステン カーバイト製容器を用いるため、Co, Cr, Ti の混入があるとされる (安藤, 1975). タング ステンカーバイト製容器を用いて粉砕した早良 花崗岩(柚原・祐徳, 2005)とメノウ製容器を 用いて粉砕した早良花崗岩(川野、未公表デー タ)の比較からは、Coの数10ppm 程度の付加 が示唆される. したがって, Table 4に示され ている Co 濃度は参考値である.しかしながら. それぞれの岩石に付加された Co 量は同程度で あると考えられるので, 濃度の高低傾向は読み とることは可能であると考えられる.

河川堆積物試料12試料について、福岡大学理 学部に設置されているX線回折装置(理学電 機製X線回折装置Geigerflex)を用いて、構 成鉱物の同定を行った.Cu管球(Niフィル ター)を用い、印加電圧と電流はそれぞれ30kV、

Table 1.	Mineral	assemblage	of typical	rocks in	studied	area.
----------	---------	------------	------------	----------	---------	-------

- 1 N	0	DI	TZ C			T 11 1			0.1	CUL		0						-
Sample No.	Utz.	<u>PI.</u>	KIS.	BI.	Mus.	HDI.	Opx.	Cpx.	Cord.	Chi.	Ep.	Gr.	11t.	Tur.	Aln.	Ap.	Zrn.	Opq.
Tagawa Met	amorphic	rocks				~				~	~						~	~
1M-60	Õ	Q	-	-	-	ø	-	-	-	0	0	-	-	-	-	-	0	0
IM-57	O	0	0	O	Q	-	-	-		-	-	0	-	-	-	Δ	$\Delta$	$\Delta$
HA-21R	O	$\Delta$	$\Delta$	0	0	-	-	-	0	-	-	0	-	$\Delta$	-	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$
HA-45	O	0	0	0	0	-	-	-	0	-	-	0	-	-	-	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$
IM-35R	O	0	$\Delta$	0	0	-	-	-		-	-	0	-	-	-	$\Delta$	$\triangle$	$\triangle$
HA-24R	0	$\Delta$	$\triangle$	0	0	-	-	-	0	-	-	0	-	Δ	-	Δ	Δ	Δ
Diorite																		
IM-59	0	0	-	0	-	O	-	-	-	-	-	-	$\Delta$	-	-	Δ	Δ	$\wedge$
Asakura Gra	nodiorite			Ť														
IM-61	O	0	0	0	-	0	-	$\triangle$	-	-	-	-	-	-	$\triangle$	Δ	$\Delta$	$\wedge$
Soeda Grand	odiorite			-		-												
HA-44	O	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	$\triangle$	-	-	$\triangle$	Δ	
HA-39	Ō	Ō	Ō	Õ	-	-	-	-	-	-	-	-	$\wedge$	-	$\wedge$	$\overline{\wedge}$	$\overline{\wedge}$	$\overline{\wedge}$
01120203	ō	ō	ō	Õ	-	0	-	-	-	-	-	-	$\overline{\Delta}$	-	$\overline{\wedge}$	$\overline{\wedge}$	$\overline{\wedge}$	~
Masaki Grar	nite	-	-			· ·							_		_	_		_
IM-58	O	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Δ	$\wedge$	$\wedge$
Yusubaru Gr	ranite	-	-	-													_	_
IM-54	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	$\wedge$	$\wedge$	$\wedge$
Kitasakamot	o Format	ion		0													-	_
HA-37	-	0	-	-	-	$\Delta$	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
HA-40	-	ō	-	-	-	0	Õ	õ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ň
HA-34	-	Ô	-	-	-	Õ	Õ	Ō	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ō
HA-38	-	õ	-	-	-	õ	ŏ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ŏ
HA-32	-	õ	-	-	-		ŏ	$\cap$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ŏ
HA-43	-	ő	-	-	-	0	ŏ	ŏ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ŏ
Hikosan Vol	canics	-				0	0	0										0
HA-42	-	0	-	-	-	-	$\cap$	$\cap$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	$\cap$

Qtz.: quartz, Pl.: plagioclase, Kfs.: K-feldspar, Bt.: biotite, Hbl.: hornblende, Opx.: orthopyroxene, Cpx.: clinopyroxene, Cord.: cordierite, Chl.: chlorite, Ep.: epidote, Gr.: graphite, Tit.: titanite, Tur.: tourmaline, Aln.: allanite, Ap.: apatite, Zrn.: zircon, Opq.: opaque minerals.

 $\odot$  : abundant,  $\bigcirc$ : common,  $\triangle$ : rare, -: absent.

Table 2. Analytical condition of As analysis by X-ray fluorescence spectrometry.

Element	Line	А	ngle(20:degree	)	Crystal	Detector	Slit	P.H.A	Counting	time (s)
	-	peak	BG1	BG2					peak	BG
As	Κα	33.980	33.480	34.480	LiF1	SC	Std	100-300	400	200





Fig. 3. Calibration line for As. X-ray intensity ratio of peak to background is plotted against concentration after line overlap correction.

Table 3.Calibration range, accuracy, and<br/>lower limits of detection (L. L. D.)<br/>of As analysis.

Element	Calibration range	Accuracy	L.L.D.
	(ppm)	(ppm)	(ppm)
As	0.0558 - 19.2	0.53	3.9

10mA,走査速度は2°/min,スリットは1°-0.15 mm-1°である. 走査範囲は2°から40°とした.

#### 結果と考察

## 1. 河川堆積物の鉱物組成

X線回折結果から,すべての河川堆積物に石 英と斜長石が含まれていることがわかった.こ れに比べるとピーク強度は低くなるが,河川堆 積物にはカリ長石,黒雲母,普通角閃石,輝石 も含まれている.そこで,この4鉱物の量比の 違いをピーク強度の高低によって定性的に検討 した(Fig.4).田川変成岩類分布域で採取した 河川堆積物(IM-03, IM-35)には,黒雲母, 普通角閃石が含まれ,さらに少量のカリ長石が 含まれる.閃緑岩分布域の河川堆積物(IM-44) には,普通角閃石が含まれ,さらに少量の黒雲 母とカリ長石が含まれる.朝倉花崗閃緑岩分布 域の河川堆積物(IM-14)には,普通角閃石が 含まれ、さらに少量の黒雲母と輝石が含まれる. 添田花崗閃緑岩分布域の河川堆積物試料 (IM -32, HA-15) には, 黒雲母とカリ長石が少量 含まれる. 普通角閃石が少量含まれる場合もあ る. 真崎花崗岩分布域の河川堆積物のうち2 試 料 (IM-12, HA-31) には、少量の普通角閃石 が含まれる. もう1 試料 (IM-42) は, 普通角 閃石を含み,ついで少量の黒雲母を含む.油須 原花崗岩分布域の河川堆積物(IM-53)には, カリ長石, 普通角閃石, 黒雲母がそれぞれ少量 含まれる.北坂本累層分布域の河川堆積物 (IM-29, HA-01) には、少量の輝石と普通角 閃石,一部黒雲母が含まれる.したがって,試 料によって多少鉱物組み合わせに違いがあるも のの,河川堆積物には石英,斜長石が普遍的に 含まれ,カリ長石,黒雲母,普通角閃石が少量 含まれるといえる.同一地域内で試料による違 いが認められたのは、上流部に他の岩体が分布 し、そこからもたらされた鉱物が存在すること や、含有量の少ない鉱物のピークが確認できな かったためであると考えられる.

斜長石はどの岩石にも含まれるが (Table 1), 他の鉱物の組み合わせは、田川変成岩類(苦鉄 質片岩と泥質片岩),白亜紀花崗岩類,火山岩 類(北坂本累層、英彦山火山岩類)で大きく異 なる. 苦鉄質片岩は, 主に普通角閃石, 斜長石, 石英,緑レン石,緑泥石からなる.泥質片岩は, 主に石英,黒雲母,白雲母,斜長石,カリ長石, グラファイトからなり, 菫青石や電気石が含ま れる場合がある. 白亜紀花崗岩類は, 主に斜長 石,カリ長石,黒雲母からなるが,閃緑岩はカ リ長石を含まず,普通角閃石を含む. さらに, 朝倉花崗閃緑岩と、添田花崗閃緑岩の一部も普 通角閃石を含む. また,田川変成岩類と白亜紀 花崗岩類には、燐灰石やジルコンが普遍的に含 まれる.火山岩類は、主に斜長石、輝石からな り,普通角閃石が伴われる場合も多い.したがっ て,河川堆積物の鉱物組み合わせは,流域の岩 石のそれとよい一致を示すと考えられる. 輝石 は,朝倉花崗閃緑岩と北坂本累層由来の河川堆 積物にのみ含まれるが、これは両者の岩石にの み輝石が含まれていることと調和的である.こ のことから、これらの地域では輝石が元素濃度

	A						в	С	D	
Sample No.	IM-60 <sup>R</sup>	IM-57°	HA-21R <sup>R</sup>	HA-45°	IM-35R <sup>R</sup>	HA-24R <sup>R</sup>	IM-59°	IM-61°	HA-44 <sup>R</sup>	HA-39 <sup>R</sup>
	M. sch.	P. sch.	P. sch.	P. sch.	P. sch.	P. sch.				
SiO (wt %)	45.78	60.89	61.31	65 71	67 59	67.60	55.68	57.75	65.04	67.99
T:O	1.07	0.70	0.70	0.75	0.62	0.65	1.00	0.02	0.46	0.53
1102	15.07	18.20	17.50	14.00	14.46	15.16	17.52	16.00	17.07	16.15
$AI_2O_3$	13.27	10.39	17.59	14.62	14.40	15.10	17.55	10.92	17.27	10.15
$Fe_2O_3^*$	9.03	6.31	7.45	6.19	5.61	5.66	8.50	7.28	4.63	3.83
MnO	0.16	0.09	0.24	0.09	0.10	0.11	0.15	0.13	0.08	0.07
MgO	4.18	2.17	3.21	2.28	1.95	2.11	3.57	3.54	1.20	1.26
CaO	20.92	1.22	1.35	2.58	2.29	1.33	7.28	6.35	4.17	3.86
Na <sub>2</sub> O	0.75	2.11	1.46	2.80	2.83	1.89	3.26	3.40	3.82	3.64
KO	0.66	4.97	4 32	2.67	2.13	3.64	1 53	2.17	1 89	2.18
R <sub>2</sub> O	0.49	0.18	0.14	0.17	0.19	0.13	0.17	0.21	0.13	0.12
1 205	1.09	2.54	1.62	1 20	1 80	1 20	0.17	0.21	0.15	0.12
L.U.I.	100.20	2.54	1.02	1.39	1.09	1.39	0.08	0.71	0.78	100.00
Total	100.29	99.00	99.48	99.45	99.00	99.07	98.84	99.39	99.47	100.08
A a(	-1	0	0	5	-1	-1	-1	-1	nd	-1
As(ppm)	<4 (0	(77	1101	110	204	502	255	210	11.0.	252
Ва	68	6//	1131	410	306	502	255	310	332	353
Co	51	40	49	59	51	53	42	65	75	71
Cr	170	76	78	71	60	64	17	47	10	7
Cu	38	21	20	n.d.	79	4	27	33	<4	4
Ga	17	22	22	19	17	20	19	19	18	18
Nb	45	15	13	12	11	13	13	12	12	8
Ni	66	42	51	41	36	39	<4	16	<4	<4
Dh	4	17	22	13	25	14	Q	11	15	15
FU Di	20	174	145	115	23	14	50	11	15	105
KD	30	1/4	145	115	94	120	50	98	/0	105
S	57	645	455	21	600	62	286	152	97	21
Sr	358	151	129	123	197	132	321	316	360	303
Th	5	12	12	11	20	11	4	7	9	16
v	188	108	132	108	92	99	193	154	37	49
Y	27	40	31	37	22	32	26	27	10	13
Zn	61	100	113	89	89	82	96	85	68	62
Zr	167	266	103	236	100	100	122	160	103	146
21	107	200	195	250	190	199	122	100	195	140
		Е	F	G						н
Sample No.	01120203°	E IM-58°	F IM-54 <sup>®</sup>	G HA-37 <sup>R</sup>	HA-40°	HA-34°	HA-38 <sup>R</sup>	HA-32°	HA-43 <sup>R</sup>	H HA-42 <sup>R</sup>
Sample No.	01120203°	E IM-58°	F IM-54 <sup>R</sup>	G HA-37 <sup>R</sup> Rubble	HA-40° Rubble	HA-34° Rubble	HA-38 <sup>R</sup> Rubble	HA-32°	HA-43 <sup>R</sup>	H HA-42 <sup>R</sup> Lava
Sample No.	01120203°	E IM-58°	F IM-54 <sup>R</sup>	G HA-37 <sup>R</sup> Rubble	HA-40° Rubble	HA-34° Rubble	HA-38 <sup>R</sup> Rubble	HA-32° Lava	HA-43 <sup>R</sup> Lava	H HA-42 <sup>R</sup> Lava
Sample No.	01120203° 69.00	E IM-58° 73.77	F IM-54 <sup>R</sup> 70.51	G HA-37 <sup>R</sup> Rubble 57.78	HA-40° Rubble 58.49	HA-34° Rubble 62.70	HA-38 <sup>R</sup> Rubble 63.39	HA-32° Lava 58.24	HA-43 <sup>R</sup> Lava 59.45	H HA-42 <sup>R</sup> Lava 59.68
Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub>	01120203° 69.00 0.47	E IM-58° 73.77 0.11	F IM-54 <sup>R</sup> 70.51 0.31	G HA-37 <sup>R</sup> Rubble 57.78 0.83	HA-40° Rubble 58.49 0.63	HA-34° Rubble 62.70 0.53	HA-38 <sup>R</sup> Rubble 63.39 0.63	HA-32° Lava 58.24 0.88	HA-43 <sup>R</sup> Lava 59.45 0.75	H HA-42 <sup>R</sup> Lava 59.68 0.74
Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	01120203° 69.00 0.47 14.87	E IM-58° 73.77 0.11 14.05	F IM-54 <sup>R</sup> 70.51 0.31 15.09	G HA-37 <sup>R</sup> Rubble 57.78 0.83 18.10	HA-40° Rubble 58.49 0.63 17.10	HA-34° Rubble 62.70 0.53 17.11	HA-38 <sup>R</sup> Rubble 63.39 0.63 17.41	HA-32° Lava 58.24 0.88 17.55	HA-43 <sup>R</sup> Lava 59.45 0.75 18.78	H HA-42 <sup>®</sup> Lava 59.68 0.74 18.89
Sample No. 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> *	01120203° 69.00 0.47 14.87 3.61	E IM-58° 73.77 0.11 14.05 1.60	F IM-54 <sup>R</sup> 70.51 0.31 15.09 2.40	G HA-37 <sup>R</sup> Rubble 57.78 0.83 18.10 6.75	HA-40° Rubble 58.49 0.63 17.10 6.67	HA-34° Rubble 62.70 0.53 17.11 5.11	HA-38 <sup>R</sup> Rubble 63.39 0.63 17.41 4.72	HA-32° Lava 58.24 0.88 17.55 6.84	HA-43 <sup>R</sup> Lava 59.45 0.75 18.78 5.28	H HA-42 <sup>®</sup> Lava 59.68 0.74 18.89 5.25
Sample No. $\overline{SiO_2(wt.\%)}$ TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> * MnO	01120203° 69.00 0.47 14.87 3.61 0.08	E IM-58° 73.77 0.11 14.05 1.60 0.04	F IM-54 <sup>®</sup> 70.51 0.31 15.09 2.40 0.06	G HA-37 <sup>®</sup> Rubble 57.78 0.83 18.10 6.75 0.12	HA-40° Rubble 58.49 0.63 17.10 6.67 0.11	HA-34° Rubble 62.70 0.53 17.11 5.11 0.11	HA-38 <sup>R</sup> Rubble 63.39 0.63 17.41 4.72 0.06	HA-32° Lava 58.24 0.88 17.55 6.84 0.13	HA-43 <sup>R</sup> Lava 59.45 0.75 18.78 5.28 0.10	H HA-42 <sup>R</sup> Lava 59.68 0.74 18.89 5.25 0.09
Sample No. 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	01120203° 69.00 0.47 14.87 3.61 0.08 1.17	E IM-58° 73.77 0.11 14.05 1.60 0.04 0.24	F IM-54 <sup>R</sup> 70.51 0.31 15.09 2.40 0.06 0.55	G HA-37 <sup>R</sup> Rubble 57.78 0.83 18.10 6.75 0.12 3.85	HA-40° Rubble 58.49 0.63 17.10 6.67 0.11 4.04	HA-34° Rubble 62.70 0.53 17.11 5.11 0.11 2.26	HA-38 <sup>R</sup> Rubble 63.39 0.63 17.41 4.72 0.06 1.45	HA-32° Lava 58.24 0.88 17.55 6.84 0.13 3.10	HA-43 <sup>R</sup> Lava 59.45 0.75 18.78 5.28 0.10 1.84	H HA-42 <sup>®</sup> Lava 59.68 0.74 18.89 5.25 0.09 1.65
Sample No. 1 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	01120203° 69.00 0.47 14.87 3.61 0.08 1.17 3.42	E IM-58° 73.77 0.11 14.05 1.60 0.04 0.24 1.34	F IM-54 <sup>®</sup> 70.51 0.31 15.09 2.40 0.06 0.55 1.72	G HA-37 <sup>®</sup> Rubble 57.78 0.83 18.10 6.75 0.12 3.85 6.39	HA-40° Rubble 58.49 0.63 17.10 6.67 0.11 4.04 7.41	HA-34° Rubble 62.70 0.53 17.11 5.11 0.11 2.26 5.47	HA-38 <sup>®</sup> Rubble 63.39 0.63 17.41 4.72 0.06 1.45 5.18	HA-32° Lava 58.24 0.88 17.55 6.84 0.13 3.10 6.48	HA-43 <sup>®</sup> Lava 59.45 0.75 18.78 5.28 0.10 1.84 6.34	H HA-42 <sup>R</sup> Lava 59.68 0.74 18.89 5.25 0.09 1.65 6.29
Sample No. 1 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.O	01120203° 69.00 0.47 14.87 3.61 0.08 1.17 3.42 3.66	E IM-58° 73.77 0.11 14.05 1.60 0.04 0.24 1.34 3.78	F IM-54 <sup>R</sup> 70.51 0.31 15.09 2.40 0.06 0.55 1.72 3.70	G HA-37 <sup>R</sup> Rubble 57.78 0.83 18.10 6.75 0.12 3.85 6.39 3.35	HA-40° Rubble 58.49 0.63 17.10 6.67 0.11 4.04 7.41 2.90	HA-34° Rubble 62.70 0.53 17.11 5.11 0.11 2.26 5.47 3.38	HA-38 <sup>®</sup> Rubble 63.39 0.63 17.41 4.72 0.06 1.45 5.18 3.64	HA-32° Lava 58.24 0.88 17.55 6.84 0.13 3.10 6.48 3.65	HA-43 <sup>R</sup> Lava 59.45 0.75 18.78 5.28 0.10 1.84 6.34 3.63	H HA-42 <sup>®</sup> Lava 59.68 0.74 18.89 5.25 0.09 1.65 6.29 3.83
Sample No. 1           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           KO	01120203° 69.00 0.47 14.87 3.61 0.08 1.17 3.42 3.66 2.50	E IM-58° 73.77 0.11 14.05 1.60 0.04 0.24 1.34 3.78 4 31	F IM-54 <sup>R</sup> 70.51 0.31 15.09 2.40 0.06 0.55 1.72 3.70 4.72	G HA-37 <sup>8</sup> Rubble 57.78 0.83 18.10 6.75 0.12 3.85 6.39 3.35 1.27	HA-40° Rubble 58.49 0.63 17.10 6.67 0.11 4.04 7.41 2.90 1.14	HA-34° Rubble 62.70 0.53 17.11 5.11 0.11 2.26 5.47 3.38 1.59	HA-38 <sup>®</sup> Rubble 63.39 0.63 17.41 4.72 0.06 1.45 5.18 3.64 1.90	HA-32° Lava 58.24 0.88 17.55 6.84 0.13 3.10 6.48 3.65 1.65	HA-43 <sup>R</sup> Lava 59.45 0.75 18.78 5.28 0.10 1.84 6.34 3.63 1.98	H HA-42 <sup>R</sup> Lava 59.68 0.74 18.89 5.25 0.09 1.65 6.29 3.83 1.74
Sample No. 1 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 Na <sub>2</sub> O RO PO	01120203° 69.00 0.47 14.87 3.61 0.08 1.17 3.42 3.66 2.50 0.14	E IM-58° 73.77 0.11 14.05 1.60 0.04 0.24 1.34 3.78 4.31 0.02	F IM-54 <sup>R</sup> 70.51 0.31 15.09 2.40 0.06 0.55 1.72 3.70 4.72 0.07	G HA-37 <sup>8</sup> Rubble 57.78 0.83 18.10 6.75 0.12 3.85 6.39 3.35 1.27 0.20	HA-40° Rubble 58.49 0.63 17.10 6.67 0.11 4.04 7.41 2.90 1.14 0.10	HA-34° Rubble 62.70 0.53 17.11 5.11 0.11 2.26 5.47 3.38 1.59 0.12	HA-38 <sup>®</sup> Rubble 63.39 0.63 17.41 4.72 0.06 1.45 5.18 3.64 1.90 0.17	HA-32° Lava 58.24 0.88 17.55 6.84 0.13 3.10 6.48 3.65 1.65 0.21	HA-43 <sup>®</sup> Lava 59.45 0.75 18.78 5.28 0.10 1.84 6.34 3.63 1.98 0.25	H HA-42 <sup>R</sup> Lava 59.68 0.74 18.89 5.25 0.09 1.65 6.29 3.83 1.74 0.25
Sample No. 1 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 K <sub>2</sub> O P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> LOU	01120203° 69.00 0.47 14.87 3.61 0.08 1.17 3.42 3.66 2.50 0.14 0.58	E IM-58° 73.77 0.11 14.05 1.60 0.04 0.24 1.34 3.78 4.31 0.02 0.40	F IM-54 <sup>R</sup> 70.51 0.31 15.09 2.40 0.06 0.55 1.72 3.70 4.72 0.07 0.52	G HA-37 <sup>®</sup> Rubble 57.78 0.83 18.10 6.75 0.12 3.85 6.39 3.35 1.27 0.20 0.20 1.02	HA-40° Rubble 58.49 0.63 17.10 6.67 0.11 4.04 7.41 2.90 1.14 0.10 0.96	HA-34° Rubble 62.70 0.53 17.11 5.11 0.11 2.26 5.47 3.38 1.59 0.12 1.10	HA-38 <sup>R</sup> Rubble 63.39 0.63 17.41 4.72 0.06 1.45 5.18 3.64 1.90 0.17 1.13	HA-32° Lava 58.24 0.88 17.55 6.84 0.13 3.10 6.48 3.65 1.65 0.21 0.53	HA-43 <sup>R</sup> Lava 59.45 0.75 18.78 5.28 0.10 1.84 6.34 3.63 1.98 0.25 0.93	H HA-42 <sup>R</sup> Lava 59.68 0.74 18.89 5.25 0.09 1.65 6.29 3.83 1.74 0.25 0.69
Sample No. 1 SiO <sub>2</sub> (wt.%) Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> * MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> L.O.I. Tattel	01120203° 69.00 0.47 14.87 3.61 0.08 1.17 3.42 3.66 2.50 0.14 0.58 00.49	E IM-58° 73.77 0.11 14.05 1.60 0.04 1.34 3.78 4.31 0.02 0.40 0.90	F 1M-54 <sup>R</sup> 70.51 0.31 15.09 2.40 0.06 0.55 1.72 3.70 4.72 0.07 0.52 0.65	G HA-37 <sup>®</sup> Rubble 57.78 0.83 18.10 6.75 0.12 3.85 6.39 3.35 1.27 0.20 1.02 1.02 0.66	HA-40° Rubble 58.49 0.63 17.10 6.67 0.11 4.04 7.41 2.90 1.14 0.10 0.96 0.95	HA-34° Rubble 62.70 0.53 17.11 5.11 0.11 2.26 5.47 3.38 1.59 0.12 1.10 0.048	HA-38 <sup>®</sup> Rubble 63.39 0.63 17.41 4.72 0.06 1.45 5.18 3.64 1.90 0.17 1.13 00.68	HA-32° Lava 58.24 0.88 17.55 6.84 0.13 3.10 6.48 3.65 1.65 0.21 0.53 09.26	HA-43 <sup>®</sup> Lava 59,45 0.75 18.78 5.28 0.10 1.84 6.34 3.63 1.98 0.25 0.93 00 23	H HA-42 <sup>®</sup> Lava 59.68 0.74 18.89 5.25 0.09 1.65 6.29 3.83 1.74 0.25 0.69
Sample No. 1           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           K <sub>2</sub> O           P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> L.O.I.           Total	$\begin{array}{c} 01120203^{\circ}\\ \hline 69.00\\ 0.47\\ 14.87\\ 3.61\\ 0.08\\ 1.17\\ 3.42\\ 3.66\\ 2.50\\ 0.14\\ 0.58\\ 99.48 \end{array}$	E IM-58° 73.77 0.11 14.05 1.60 0.04 0.24 1.34 3.78 4.31 0.02 0.40 99.66	F IM-54 <sup>®</sup> 70.51 0.31 15.09 2.40 0.06 0.55 1.72 3.70 4.72 0.07 0.52 99.65	G HA-37 <sup>®</sup> Rubble 57.78 0.83 18.10 6.75 0.12 3.85 6.39 3.35 1.27 0.20 1.02 99.66	HA-40° Rubble 58.49 0.63 17.10 6.67 0.11 4.04 7.41 2.90 1.14 0.10 0.96 99.55	HA-34° Rubble 62.70 0.53 17.11 5.11 0.11 2.26 5.47 3.38 1.59 0.12 1.10 99.48	HA-38 <sup>®</sup> Rubble 63.39 0.63 17.41 4.72 0.06 1.45 5.18 3.64 1.90 0.17 1.13 99.68	HA-32° Lava 58.24 0.88 17.55 6.84 0.13 3.10 6.48 3.65 1.65 0.21 0.53 99.26	HA-43 <sup>8</sup> Lava 59.45 0.75 18.78 5.28 0.10 1.84 6.34 3.63 1.98 0.25 0.93 99.33	H HA-42 <sup>®</sup> Lava 59.68 0.74 18.89 5.25 0.09 1.65 6.29 3.83 1.74 0.25 0.69 99.10
Sample No. 1 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 K <sub>2</sub> O P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> L.O.I. Total As(nom)	01120203° 69.00 0.47 14.87 3.61 0.08 1.17 3.42 3.66 2.50 0.14 0.58 99.48 <4	E IM-58° 73.77 0.11 14.05 1.60 0.04 0.24 1.34 3.78 4.31 0.02 0.40 99.66 p.d	F IM-54 <sup>k</sup> 70.51 15.09 2.40 0.06 0.55 1.72 3.70 4.72 0.07 0.52 99.65 n d	G HA-37 <sup>8</sup> Rubble 57.78 0.83 18.10 6.75 0.12 3.85 6.39 3.35 1.27 0.20 1.02 99.66	HA-40° Rubble 58.49 0.63 17.10 6.67 0.11 4.04 7.41 2.90 1.14 0.10 0.96 99.55	HA-34° Rubble 62.70 0.53 17.11 5.11 0.11 2.26 5.47 3.38 1.59 0.12 1.10 99.48	HA-38* Rubble 63.39 0.63 17.41 4.72 0.06 1.45 5.18 3.64 1.90 0.17 1.13 99.68 <4	HA-32° Lava 58.24 0.88 17.55 6.84 0.13 3.10 6.48 3.65 1.65 0.21 0.53 99.26	HA-43 <sup>8</sup> Lava 59,45 0.75 18.78 5.28 0.10 1.84 6.34 3.63 1.98 0.25 0.93 99.33	H HA-42 <sup>8</sup> Lava 59.68 0.74 18.89 5.25 0.09 1.65 6.29 3.83 1.74 0.25 0.69 99.10
Sample No. 1 SiO <sub>2</sub> (wt.%) Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> * MnO MgO CaO Na <sub>4</sub> O K <sub>2</sub> O P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> L.O.I. Total As(ppm) Ba	69.00 0.47 14.87 3.61 0.08 1.17 3.42 3.66 2.50 0.14 0.58 99.48 <4 311	E 1M-58° 73.77 0.11 14.05 1.60 0.04 0.24 1.34 3.78 4.31 0.02 0.40 99.66 n.d. 708	F 1M-54 <sup>8</sup> 70.51 0.31 15.09 2.40 0.05 1.72 3.70 4.72 0.07 0.52 99.65 n.d. 253	G HA-37 <sup>8</sup> Rubble 57.78 0.83 18.10 6.75 0.12 3.85 6.39 3.35 1.27 0.20 1.02 99.66 <4 376	HA-40° Rubble 58.49 0.63 17.10 6.67 0.11 4.04 7.41 2.90 1.14 0.10 0.96 99.55 <4 230	HA-34° Rubble 62.70 0.53 17.11 5.11 0.11 2.26 5.47 3.38 1.59 0.12 1.10 99.48 <4	HA-38 <sup>®</sup> Rubble 63.39 0.63 17.41 4.72 0.06 1.45 5.18 3.64 1.90 0.17 1.13 99.68 <4	HA-32° Lava 58.24 0.88 17.55 6.84 0.13 3.10 6.48 3.65 1.65 0.21 0.53 99.26 <4	HA-43* Lava 59.45 0.75 18.78 5.28 0.10 1.84 6.34 3.63 1.98 0.25 0.93 99.33 <4	H HA-42 <sup>*</sup> Lava 59.68 0.74 18.89 5.25 0.09 1.65 6.29 3.83 1.74 0.25 0.69 99.10 <4
Sample No. 1 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 K <sub>2</sub> O P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> L.O.I. Total As(ppm) Ba Ca	69.00 0.47 14.87 3.61 0.08 1.17 3.42 3.66 2.50 0.14 0.58 99.48 <4 311 <60	E TM-58° 73.77 0.11 14.05 1.60 0.04 0.24 1.34 3.78 4.31 0.02 0.40 99.66 n.d. 708	F IM-54* 70.51 0.31 15.09 2.40 0.06 0.55 1.72 3.70 4.72 0.07 0.52 99.65 n.d. 253 61	G HA-37 <sup>8</sup> Rubble 57.78 0.83 18.10 6.75 0.12 3.85 6.39 3.35 1.27 0.20 0.102 99.66 <4 376	HA-40° Rubble 58.49 0.63 17.10 6.67 0.11 4.04 7.41 2.90 1.14 0.10 0.96 99.55 <4 230 27	HA-34° Rubble 62.70 0.53 17.11 5.11 0.11 2.26 5.47 3.38 1.59 0.12 1.10 99.48 <4 342 <4	HA-38 <sup>®</sup> Rubble 63.39 0.63 17.41 4.72 0.06 1.45 5.18 3.64 1.90 0.17 1.13 99.68 <4	HA-32° Lava 58.24 0.88 17.55 6.84 0.13 3.10 6.48 3.65 1.65 0.21 0.53 99.26 <4 413 48	HA-43* Lava 59.45 0.75 18.78 5.28 0.10 1.84 6.34 3.63 1.98 0.25 0.93 99.33 <4 475	H HA-42 <sup>k</sup> Lava 59.68 0.74 18.89 5.25 5.25 0.09 1.65 6.29 3.83 1.74 0.25 0.69 99.10 <4
Sample No. 1           SiO <sub>2</sub> (wt.%)           Jl <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *           MnO           MgO           CaO           Na <sub>2</sub> O           K <sub>2</sub> O           P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> L.O.I.           Total           Ba           Co	01120203° 69.00 0.47 14.87 3.61 0.08 1.17 3.42 3.66 2.50 0.14 0.58 99.48 99.48 311 68 68	E IM-58° 73.77 0.11 14.05 1.60 0.04 0.24 1.34 3.78 4.31 0.02 0.40 99.66 n.d. 708 74	F 1M-54 <sup>8</sup> 70.51 0.31 15.09 2.40 0.06 0.05 5 1.72 3.70 4.72 0.07 0.52 9.052 9.052 9.62 10	G HA-37 <sup>a</sup> Rubble 57.78 0.83 18.10 6.75 0.12 3.85 6.39 3.35 6.39 3.35 1.27 0.20 1.02 99.66 <4 376 36 20	HA-40° Rubble 58.49 0.63 17.10 6.67 0.11 4.04 7.41 2.90 1.14 0.10 0.96 9.95 <4 230 37 175	HA-34° Rubble 62.70 0.53 17.11 5.11 0.11 2.26 5.47 3.38 1.59 0.12 1.10 90.48 <4 342 115 22	HA-38 <sup>®</sup> Rubble 63.39 0.63 17.41 4.72 0.06 1.45 5.18 3.64 1.90 0.17 1.13 99.68 <4 487 447 44	HA-32° Lava 58.24 0.88 17.55 6.84 0.13 3.10 6.48 3.65 0.21 0.53 99.26 <4 413 48 45	HA-43 <sup>a</sup> Lava 59.45 0.75 18.78 5.28 0.10 1.84 6.34 3.63 4.98 0.25 0.93 99.33 <4 475 44	H HA-42 <sup>*</sup> Lava 59.68 0.74 18.89 5.25 0.09 1.65 6.29 3.83 1.74 0.25 0.69 99.10 <4 469 400
Sample No. 1 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 K <sub>2</sub> O P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> L.O.I. Total As(ppm) Ba Co Co Cr	01120203° 69.00 0.47 14.87 3.61 0.08 1.17 3.42 3.66 2.50 0.14 0.58 99.48 <4 311 68 13	E IM-58° 73.77 0.11 14.05 1.60 0.04 0.24 1.34 3.78 4.31 0.02 0.40 99.66 n.d. 708 74 4	F 1M-54* 70.51 0.31 15.09 2.40 0.06 0.55 1.72 3.70 4.72 0.07 4.72 99.65 n.d. 253 61 10 10 10 10 10 10 10 10 10 1	G HA-37 <sup>8</sup> Rubble 57.78 0.83 18.10 6.75 0.12 3.85 6.39 3.35 1.27 0.20 99.66 <4 376 36 39	HA-40° Rubble 58.49 0.63 17.10 6.67 0.11 4.04 7.41 2.90 1.14 0.10 0.96 99.55 <4 230 37 175	HA-34° Rubble 62.70 0.53 17.11 5.11 0.11 2.26 5.47 3.38 1.59 0.12 1.10 99.48 <4 342 (4 342 115 33	HA-38 <sup>8</sup> Rubble 63.39 0.63 17.41 4.72 0.06 1.45 5.18 3.64 1.90 0.17 1.13 99.68 <4 487 44 28	HA-32° Lava 58.24 0.88 17.55 6.84 0.13 3.10 6.48 3.65 1.65 0.21 0.53 99.26 <4 413 48 45	HA-43* Lava 59.45 0.75 18.78 5.28 0.10 1.84 6.34 1.98 0.25 0.93 99.33 <4 475 44	H HA-42 <sup>k</sup> Lava 59.68 0.74 18.89 5.25 0.09 1.65 6.29 3.83 1.74 0.25 0.69 99.10 <4 469 40 16
Sample No. 1           SiO2(wt.%)           TiO2           Al2O3           Fe2O3*           MnO           MgO           CaO           Na2O           K2O           P2O3           L.O.I.           Total           As(ppm)           Ba           Co           Cr           Cu	69.00 0.47 14.87 3.61 0.08 1.17 3.42 3.66 2.50 0.14 0.58 99.48 <4 311 68 13 6	E IM-58° 73.77 0.11 14.05 1.60 0.04 0.24 1.34 3.78 4.31 0.02 0.40 99.66 n.d. 708 74 4 4 4	F IM-54* 70.51 0.31 15.09 2.40 0.06 0.55 1.72 3.70 4.72 0.07 0.07 0.07 0.07 0.55 n.d. 253 61 10 21	G HA-37 <sup>®</sup> Rubble 57.78 0.83 18.10 6.75 0.12 3.85 6.39 3.35 1.27 0.20 1.02 99.66 <4 376 36 39 10	HA-40° Rubble 58.49 0.63 17.10 6.67 0.11 4.04 7.41 2.90 1.14 0.10 0.96 99.55 <4 230 37 175 29	HA-34° Rubble 62.70 0.53 17.11 5.11 0.11 2.26 5.47 3.38 1.59 0.12 1.10 99.48 <4 342 115 33 5	HA-38 <sup>8</sup> Rubble 63.39 0.63 17.41 4.72 0.06 1.45 5.18 3.64 1.90 0.17 1.13 99.68 <4 487 44 28 9 9	HA-32° Lava 5824 0.88 17.55 6.84 0.13 3.10 6.48 3.65 1.65 0.21 0.53 99.26 <4 413 48 45 13	HA-43 <sup>*</sup> Lava 59.45 0.75 18.78 5.28 0.10 1.84 6.34 3.63 1.98 0.25 0.93 99.33 99.33 <4 475 44 15	H HA-42 <sup>*</sup> Lava 59.68 0.74 18.89 5.25 0.09 1.65 6.29 3.83 1.74 0.25 0.69 99.10 <4 469 40 16 9 9
Sample No. 1           SiO <sub>2</sub> (wt.%)           Jl <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *           MnO           MgO           CaO           Na <sub>2</sub> O           K <sub>2</sub> O           P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> L.O.I.           Total           As(ppm)           Ba           Co           Cr           Cu           Ga	01120203°           69.00           0.47           14.87           3.61           0.08           1.17           3.42           3.66           2.50           0.14           0.58           99.48           <4	E IM-58° 73.77 0.11 14.05 1.60 0.04 1.34 3.78 4.31 0.02 0.40 99.66 n.d. 708 74 4 4 16	F 1M-54* 70.51 0.31 15.09 2.40 0.06 0.55 1.72 3.70 4.72 0.07 0.52 99.65 n.d. 253 61 10 21 20	G HA-37 <sup>a</sup> Rubble 57.78 0.83 18.10 6.75 0.12 3.85 6.39 3.35 6.39 3.35 1.27 0.20 1.02 99.66 <4 376 36 39 10 19	HA-40° Rubble 58.49 0.63 17.10 6.67 0.11 4.04 7.41 2.90 1.14 0.10 0.96 99.55 <4 230 37 175 29 18	HA-34° Rubble 62.70 0.53 17.11 5.11 0.11 2.26 5.47 3.38 1.59 0.12 1.10 99.48 <4 342 115 33 5 19	HA-38 <sup>®</sup> Rubble 63.39 0.63 17.41 4.72 0.06 1.45 5.18 3.64 1.90 0.17 1.13 99.68 <4 487 44 28 9 18	HA-32° Lava 58.24 0.88 17.55 6.84 0.13 3.10 6.48 3.65 0.21 0.53 99.26 <4 413 48 45 13 19	HA-43 <sup>*</sup> Lava 59.45 0.75 18.78 5.28 0.10 1.84 6.34 3.63 1.98 0.25 0.93 99.33 <4 475 475 44 11 20	H HA-42 <sup>*</sup> Lava 59.68 0.74 18.89 5.25 0.09 1.65 6.29 3.83 1.74 0.25 0.69 99.10 <4 469 400 16 9 20
Sample No. 1 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 K <sub>2</sub> O P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> L.O.I. Total As(ppm) Ba Co Cr Cr Cu Ga Nb	01120203° 69.00 0.47 14.87 3.61 0.08 1.17 3.42 2.50 0.14 0.58 99.48 <4 311 68 13 6 19 13	E IM-58° 73.77 0.11 14.05 1.60 0.04 0.24 1.34 3.78 4.31 0.02 0.40 99.66 n.d. 708 74 4 4 4 10	F 1M-54* 70.51 0.31 15.09 2.40 0.06 0.55 1.72 3.70 4.72 0.07 0.52 99.65 n.d. 253 61 10 21 20 18	G HA-37 <sup>8</sup> Rubble 57.78 0.83 18.10 6.75 0.12 3.85 6.39 3.35 1.27 0.20 99.66 <4 376 36 39 10 19 11	HA-40° Rubble 58.49 0.63 17.10 6.67 0.11 4.04 7.41 2.90 1.14 0.10 0.96 99.55 <4 230 37 175 29 18 5	HA-34° Rubble 62.70 0.53 17.11 5.11 0.11 2.26 5.47 1.338 1.59 0.12 1.10 99.48 <4 342 115 33 5 19 8	HA-38 <sup>8</sup> Rubble 63.39 0.63 17.41 4.72 0.06 1.45 5.18 3.64 1.90 0.17 1.13 99.68 <4 487 44 28 9 18 10	HA-32° Lava 58.24 0.88 17.55 6.84 0.13 3.10 6.48 3.65 1.65 0.21 0.53 99.26 <4 413 48 45 13 19 15	HA-43* Lava 59.45 0.75 18.78 5.28 0.10 1.84 6.34 1.98 0.25 0.93 99.33 <4 475 44 15 11 20 18	H HA-42 <sup>*</sup> Lava 59.68 0.74 18.89 5.25 0.09 1.65 6.29 3.83 1.74 0.25 0.69 99.10 <4 469 40 16 9 20 18
Sample No. 1           SiO <sub>2</sub> (wt.%)           TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> MnO           MgO           CaO           Na <sub>2</sub> O           K <sub>2</sub> O           P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> L.O.I.           Total           As(ppm)           Ba           Co           Cr           Cu           Ga           Nb           Ni	01120203°           69.00           0.47           14.87           3.61           0.08           1.17           3.42           3.66           2.50           0.14           0.58           99.48           99.48           11           68           13           6           19           13           7	E IM-58° 73.77 0.11 14.05 1.60 0.04 0.24 1.34 3.78 4.31 0.02 0.40 99.66 n.d. 708 74 4 4 4 16 10 5	F IM-54* 70.51 0.31 15.09 2.40 0.06 0.55 1.72 3.70 4.72 0.07 0.52 99.65 n.d. 253 61 10 21 20 18 6	G HA-37 <sup>*</sup> Rubble 57.78 0.83 18.10 6.75 0.12 3.85 6.39 3.35 1.27 0.20 1.02 99.66 ×4 376 36 39 10 19 11	HA-40° Rubble 58.49 0.63 17.10 6.67 0.11 4.04 7.41 2.90 1.14 0.10 0.96 5.55 <4 230 37 175 29 18 5 5 28	HA-34° Rubble 62.70 0.53 17.11 5.11 0.11 2.26 5.47 3.38 1.59 0.12 1.10 99.48 <4 342 115 33 5 19 8 7	HA-38 <sup>®</sup> Rubble 63.39 0.63 17.41 4.72 0.06 1.45 5.18 3.66 1.45 5.18 3.66 1.45 5.18 3.66 1.45 5.18 3.66 1.45 5.18 3.90 0.17 1.13 99.68	HA-32° Lava 58:24 0.88 17.55 6.84 0.13 3.10 6.48 3.65 0.21 0.53 99.26 <4 413 48 45 13 19 15 9	HA-43 <sup>*</sup> Lava 59.45 0.75 18.78 5.28 0.10 1.84 6.34 3.63 1.98 0.25 0.93 0.93 99.33 <4 475 44 15 11 20 18 5	H HA-42* Lava 59.68 0.74 18.89 5.25 0.09 1.65 6.29 3.83 3.174 0.25 0.69 99.10 <4 469 40 16 9 9 20 18 5
Sample No. 1           SiO <sub>4</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>4</sub> O           K <sub>2</sub> O           P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> L.O.I.           Total           As(ppm)           Ba           Co           Cr           Ga           Nb           Ni           Pb	01120203° 69.00 0.47 14.87 3.61 0.08 1.17 3.42 3.66 2.50 0.14 0.58 99.48 <	E IM-58° 73.77 0.11 14.05 1.60 0.04 0.24 1.34 4.31 0.02 0.40 99.66 n.d. 708 74 4 4 4 4 16 10 5 5 22	F 1M-54* 70.51 0.31 15.09 2.40 0.06 0.55 1.72 3.70 4.72 0.07 4.72 99.65 n.d. 253 61 10 21 10 18 6 27	G HA-37 <sup>*</sup> Rubble 57.78 0.83 18.10 6.75 0.12 3.85 6.39 3.35 1.27 0.20 99.66 <4 376 36 39 10 19 11 10 8	HA-40° Rubble 58.49 0.63 17.10 6.67 0.11 4.04 7.41 2.90 1.14 0.10 0.96 99.55 <4 230 37 175 29 8 8 5 28 8 8	HA-34° Rubble 62.70 0.53 17.11 5.11 0.11 2.26 5.47 3.38 1.59 0.12 1.10 99.48 <4 342 4 342 5 115 33 5 9 8 7 7	HA-38 <sup>8</sup> Rubble 63.39 0.63 17.41 4.72 0.06 1.45 5.18 3.64 1.90 0.17 1.13 99.68 <4 487 44 28 9 18 10 9 9	HA-32° Lava 58.24 0.88 17.55 6.84 0.13 3.10 6.48 3.65 1.65 0.21 0.53 99.26 <4 413 48 45 13 19 15 9 8	HA-43* Lava 59.45 0.75 18.78 5.28 0.10 1.84 6.34 1.98 0.25 0.93 99.33 <4 475 44 15 11 120 18 5 5 10	H HA-42 <sup>s</sup> Lava 59.68 0.74 18.89 5.25 0.09 1.65 6.29 3.83 1.74 0.25 0.69 99.10 <4 469 40 16 9 9 20 18 5 9
Sample No. 1           SiO <sub>2</sub> (wt.%)           TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> MnO           MgO           CaO           Na <sub>2</sub> O           K <sub>2</sub> O           P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> L.O.I.           Total           As(ppm)           Ba           Co           Cr           Cu           Ga           Nb           Ni           Pb           Rb	01120203° 69.00 0.47 14.87 3.61 0.08 1.17 3.42 3.66 2.50 0.14 0.58 99.48 <4 311 68 13 6 19 13 7 18 93	E IM-58° 73.77 0.11 14.05 1.60 0.04 0.24 1.34 3.78 4.31 0.02 0.40 99.66 n.d. 708 74 4 4 4 4 10 5 22 2116	F IM-54* 70.51 0.31 15.09 2.40 0.06 0.55 1.72 3.70 4.72 0.07 0.52 99.65 n.d. 253 61 10 21 20 18 6 27 186	G HA-37 <sup>8</sup> Rubble 57.78 0.83 18.10 6.75 0.12 3.85 6.39 3.35 1.27 0.20 1.02 99.66 <4 376 36 39 10 19 11 10 8 30	HA-40° Rubble 58.49 0.63 17.10 6.67 0.11 4.04 7.41 2.90 1.14 0.10 0.96 99.55 <4 230 37 175 29 18 5 28 8 8 8 22	HA-34° Rubble 62.70 0.53 17.11 2.26 5.47 3.38 1.59 0.12 1.10 99.48 <4 342 115 33 5 19 8 7 11 57	HA-38 <sup>8</sup> Rubble 63.39 0.63 17.41 4.72 0.06 1.45 5.18 3.64 1.90 0.17 1.13 99.68 <4 487 44 28 9 18 10 9 9 9 9 9 9	HA-32° Lava 58.24 0.88 17.55 6.84 0.13 3.10 6.48 3.65 1.65 1.65 0.21 0.53 99.26 <4 413 48 45 13 19 15 9 8 8 46	HA-43 <sup>*</sup> Lava 59.45 0.75 18.78 5.28 0.10 1.84 6.34 3.63 1.98 0.25 0.93 99.33 99.33 99.33 <4 475 44 15 11 20 18 5 10 18 5	H HA-42 <sup>*</sup> Lava 59.68 0.74 18.89 5.25 0.09 1.65 6.29 3.83 1.74 0.25 0.69 99.10 <4 469 40 469 40 16 9 20 18 5 9 9
Sample No. 1           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           K <sub>2</sub> O           P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> L.O.I.           Total           As(ppm)           Ba           Co           Cr           Cu           Ga           Nb           Ni           Pb           Rb           S	01120203°           69.00           0.47           14.87           3.61           0.08           1.17           3.42           3.66           2.50           0.14           0.58           99.48           <4	E IM-58° 73.77 0.11 14.05 1.60 0.04 0.24 1.34 3.78 4.31 0.02 0.40 99.66 91.60 91.60 91.60 91.61 91.61 10	F IM-54* 70.51 0.31 15.09 2.40 0.06 0.55 1.72 3.70 4.72 0.07 0.52 99.65 n.d. 253 61 10 21 20 18 6 27 186 6 29 29	G HA-37 <sup>*</sup> Rubble 57.78 0.83 18.10 6.75 0.12 3.85 6.39 3.35 6.39 3.35 1.27 0.20 1.02 99.66 <4 376 36 39 99.66 <4 376 36 39 10 19 11 10 8 30 6	HA-40° Rubble 58.49 0.63 17.10 6.67 0.11 4.04 7.41 2.90 1.14 0.10 0.96 5.5 <4 230 37 175 29 18 5 28 8 32 28 8 32 23	HA-34° Rubble 62.70 0.53 17.11 2.26 5.47 3.38 1.59 0.12 1.10 99.48 <4 342 115 33 5 19 8 7 11 57 73	HA-38 <sup>®</sup> Rubble 63.39 0.63 17.41 4.72 0.06 1.45 5.18 3.64 1.45 5.18 3.64 1.45 0.17 1.13 99.68 <4 487 44 28 9 9 18 10 9 9 9 9 9 9 9	HA-32° Lava 58.24 0.88 17.55 6.84 0.13 3.10 6.48 3.65 0.21 0.53 99.26 <4 413 48 45 13 19 15 9 8 8 46	HA-43 <sup>*</sup> Lava 59.45 0.75 18.78 5.28 0.10 1.84 6.34 3.63 1.98 0.25 0.93 99.33 <4 475 44 15 11 20 18 5 10 53 3 3	H HA-42 <sup>*</sup> Lava 59.68 0.74 18.89 5.25 0.09 1.65 6.29 3.83 3.1.74 0.25 0.69 99.10 <4 469 40 16 99.20 18 5 9 9 49 9
Sample No. 1 SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + L.O.I. Total As(ppm) Ba Co Cr Cu Ga Nb Ni Pb Rb S S-	01120203°           69.00           0.47           14.87           3.61           0.08           1.17           3.46           2.50           0.14           0.58           99.48           <4	E IM-58° 73.77 0.11 14.05 1.60 0.04 0.24 1.34 3.78 4.31 0.02 0.40 99.66 n.d. 708 74 4 4 4 4 10 5 22 116 10	F 1M-54* 70.51 0.31 15.09 2.40 0.06 0.55 1.72 3.70 4.72 0.07 0.52 99.65 n.d. 253 61 10 21 20 18 6 27 186 29 148	G HA-37 <sup>*</sup> Rubble 57.78 0.83 18.10 6.75 0.12 3.85 6.39 3.35 1.27 0.20 99.66 <4 376 36 39 10 19 11 10 8 30 6 6	HA-40° Rubble 58.49 0.63 17.10 6.67 0.11 4.04 7.41 2.90 1.14 0.10 0.96 99.55 <4 230 37 175 29 18 5 28 8 8 8 22 32 23 274	HA-34° Rubble 62.70 0.53 17.11 5.11 0.11 2.26 5.47 1.338 1.59 0.12 1.10 99.48 <4 342 115 33 5 19 8 7 11 57 73 346	HA-38 <sup>8</sup> Rubble 63.39 0.63 17.41 4.72 0.06 1.45 5.18 3.64 1.90 0.17 1.13 99.68 <4 487 44 28 9 18 10 9 9 504	HA-32° Lava 58.24 0.88 17.55 6.84 0.13 3.10 6.48 3.65 1.65 0.21 0.53 99.26 <4 413 48 45 13 19 15 9 8 8 46 11 11 277	HA-43* Lava 59.45 0.75 18.78 5.28 0.10 1.84 6.34 4.363 1.98 0.25 0.93 99.33 99.33 <4 475 44 15 11 20 18 5 5 10 5 5 3 <3 3 <70	H HA-42 <sup>s</sup> Lava 59.68 0.74 18.89 5.25 0.09 1.65 6.29 3.83 1.74 0.25 0.69 99.10 <4 469 40 469 40 16 9 20 18 5 9 9 49 3 3
Sample No. 1           SiO2(wt.%)           TiO2           Al2O3           Fe2O3*           MnO           MgO           CaO           Na2O           K2O           P2O3           L.O.I.           Total           As(ppm)           Ba           Co           Cr           Cu           Ga           Nb           Ni           Pb           S           Sr	01120203°           69.00           0.47           14.87           3.61           0.08           1.17           3.42           3.66           2.50           0.14           0.58           99.48           <4	E IM-58° 73.77 0.11 14.05 1.60 0.04 0.24 1.34 3.78 4.31 0.02 0.40 99.66 n.d. 708 74 4 4 4 4 16 10 5 5 22 116 10 10 10	F IM-54* 70.51 0.31 15.09 2.40 0.06 0.55 1.72 3.70 4.72 0.57 1.72 0.57 1.72 0.55 1.72 1.72 0.55 1.72 1.72 0.55 1.72 1.72 0.55 1.72 1.72 0.55 1.72 1.72 0.55 1.72	G HA-37 <sup>®</sup> Rubble 57.78 0.83 18.10 6.75 0.12 3.85 6.39 3.35 1.27 0.20 1.02 99.66 <4 376 36 39 10 19 11 10 8 30 6 464 4	HA-40° Rubble 58.49 0.63 17.10 6.67 0.11 4.04 7.41 2.90 1.14 0.10 0.96 99.55 <4 230 37 175 29 18 5 5 5 8 8 8 32 23 274	HA-34° Rubble 62.70 0.53 17.11 5.11 0.11 2.26 5.47 3.38 1.59 0.12 1.10 1.10 99.48 <4 342 115 33 5 19 8 7 11 57 73 346	HA-38 <sup>8</sup> Rubble 63.39 0.63 17.41 4.72 0.06 1.45 5.18 3.64 1.90 0.17 1.13 99.68 <4 487 44 28 9 18 10 9 9 9 9 45 9 504	HA-32° Lava 5824 0.88 17.55 6.84 0.13 3.10 6.48 3.65 1.65 1.65 0.21 0.21 0.21 0.21 0.23 99.26 <4 413 48 45 13 19 15 9 8 8 46 11 377	HA-43 <sup>*</sup> Lava 59.45 0.75 18.78 5.28 0.10 1.84 6.34 3.63 1.98 0.25 0.99 39.33 99.33 <4 475 44 475 44 475 44 15 11 20 18 5 5 10 53 <3 470	H HA-42 <sup>*</sup> Lava 59.68 0.74 18.89 5.25 0.09 1.65 6.29 3.83 1.74 0.25 0.69 99.10 <4 469 40 16 9 9.0 18 5 9 9 49 3 3 470
Sample No. 1           SiO <sub>4</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>4</sub> O           K <sub>2</sub> O           P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> L.O.I.           Total           As(ppm)           Ba           Co           Cr           Ga           Nb           Ni           Pb           Rb           Sr           Th	01120203°           69.00           0.47           14.87           3.61           0.08           1.17           3.42           3.66           2.50           0.14           0.58           99.48           <4	E IM-58° 73.77 0.11 14.05 1.60 0.04 0.24 1.34 4.31 0.02 99.66 n.d. 708 74 4 4 4 4 4 4 10 5 22 116 10 10 12	F 1M-54* 70.51 0.31 15.09 2.40 0.06 0.55 1.72 3.70 4.72 0.07 3.70 4.72 99.65 n.d. 253 61 10 21 20 18 6 27 186 29 148 13 	G HA-37 <sup>8</sup> Rubble 57.78 0.83 18.10 6.75 0.12 3.85 6.39 3.35 1.27 0.20 99.66 <4 376 36 39 10 19 11 10 8 30 6 5 5 5	HA-40° Rubble 58.49 0.63 17.10 6.67 0.11 4.04 7.41 2.90 1.14 0.10 0.96 99.55 <4 230 0.96 99.55 <4 230 37 175 29 18 5 5 28 8 32 23 32 274 4	HA-34° Rubble 62.70 0.53 17.11 5.11 0.11 2.26 5.47 3.38 1.59 0.12 1.10 99.48 <4 342 4 342 4 345 115 119 8 7 7 11 57 73 346 6 6	HA-38 <sup>8</sup> Rubble 63.39 0.63 17.41 4.72 0.06 1.45 5.18 3.64 1.90 0.17 1.13 99.68 <4 487 44 28 9 9 504 45 9 9 504 4 5	HA-32° Lava 58.24 0.88 17.55 6.84 0.13 3.10 6.48 3.65 1.65 0.21 0.53 99.26 <4 413 48 45 13 19 15 9 8 46 11 15 9 8	HA-43* Lava 59.45 0.75 18.78 5.28 0.10 1.84 6.34 1.98 0.25 0.93 99.33 <4 475 44 15 11 20 18 5 3 3 470 6 6 10 53 <3 470 6 6 11 5 5 5 2 8 5 5 2 8 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	H HA-42 <sup>*</sup> Lava 59.68 0.74 18.89 5.25 6.29 3.83 1.74 0.25 6.29 99.10 0.25 0.69 99.10 <4 469 40 16 9 9 20 18 5 9 49 3 3 470 5 5
Sample No. 1           SiO <sub>2</sub> (wt.%)           TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> MnO           MgO           CaO           Na <sub>2</sub> O           K <sub>2</sub> O           P <sub>3</sub> O <sub>3</sub> L.O.I.           Total           As(ppm)           Ba           Co           Cr           Cu           Ga           Nb           Ni           Pb           S           Sr           Th           V	01120203°           69.00           0.47           14.87           3.61           0.08           1.17           3.42           3.66           2.50           0.14           0.58           99.48           <4	E IM-58° 73.77 0.11 14.05 1.60 0.04 0.24 1.34 3.78 4.31 0.02 0.40 99.66 n.d. 708 74 4 4 4 4 4 4 10 5 5 22 2 116 10 10 12 11	F 1M-54* 70.51 0.31 15.09 2.40 0.06 0.55 1.72 3.70 4.72 0.07 0.52 99.65 n.d. 253 61 10 21 20 18 6 27 186 29 148 13 22	G HA-37 <sup>8</sup> Rubble 57.78 0.83 18.10 6.75 0.12 3.85 6.39 3.35 1.27 0.20 1.02 99.66 <4 376 36 39 10 19 11 10 8 30 6 464 5 146	$\begin{array}{c} \text{HA-40}^\circ\\ \hline \text{Rubble}\\ 58.49\\ 0.63\\ 17.10\\ 0.63\\ 17.10\\ 0.63\\ 17.10\\ 0.11\\ 4.04\\ 7.41\\ 2.90\\ 1.14\\ 0.10\\ 0.96\\ 99.55\\ <4\\ 230\\ 37\\ 175\\ 29\\ 18\\ 5\\ 28\\ 8\\ 8\\ 223\\ 23\\ 274\\ 4\\ 144\\ \end{array}$	HA-34° Rubble 62.70 0.53 17.11 5.11 2.26 5.47 1.338 1.59 0.12 1.10 99.48 <4 342 115 33 5 19 8 7 73 346 6 71	HA-38 <sup>8</sup> Rubble 63.39 0.63 17.41 4.72 0.06 1.45 5.18 3.64 1.90 0.17 1.13 99.68 <4 487 44 28 9 9 18 10 9 9 9 9 9 504 4 5 4 5	HA-32° Lava 58.24 0.88 17.55 6.84 0.13 3.10 6.48 3.65 1.65 0.21 0.53 99.26 <4 413 48 45 13 19 15 9 8 8 46 11 377 5 107	HA-43* Lava 59.45 0.75 18.78 5.28 0.10 1.84 6.34 1.98 0.25 0.93 99.33 99.33 <4 475 44 15 11 20 18 5 10 18 5 10 6 54	H HA-42 <sup>*</sup> Lava 59.68 0.74 18.89 5.25 0.09 1.65 6.29 3.83 1.74 0.25 0.69 99.10 <4 469 40 469 40 16 9 20 18 5 9 9 3 3 470 5 5 54
Sample No. 1           SiO2(wt.%)           TiO2           Al2O3           Fe2O3*           MnO           MgO           CaO           Na2O           K2O           P2O5           L.O.I.           Total           As(ppm)           Ba           Co           Cr           Cu           Ga           Nb           Nb           S           Sr           Th           Y	01120203°           69.00           0.47           14.87           3.61           0.08           1.17           3.42           3.66           2.50           0.14           0.58           99.48           99.48           4311           68           13           6           19           13           7           18           93           72           269           46           10           17	E IM-58° 73.77 0.11 14.05 1.60 0.04 0.24 1.34 3.78 4.31 0.02 0.40 99.66 n.d. 708 74 4 4 4 16 10 5 5 22 116 10 10 10 12 11 17	F IM-54* 70.51 0.31 15.09 2.40 0.06 0.55 1.72 3.70 4.72 0.07 0.52 99.65 n.d. 253 61 10 21 20 18 6 27 18 6 29 148 13 22 16	G HA-37 <sup>*</sup> Rubble 57.78 0.83 18.10 6.75 0.12 3.85 6.39 3.35 1.27 0.20 1.02 99.66 99.66 44 376 36 39 10 19 11 10 8 30 6 464 5 146 26	HA-40° Rubble 58.49 0.63 17.10 6.67 0.11 4.04 7.41 2.90 1.14 0.10 0.96 .55 <4 230 37 175 29 18 5 5 28 8 8 32 29 18 5 28 8 32 23 274 4 4 144 22	HA-34° Rubble 62.70 0.53 17.11 5.11 0.11 2.26 5.47 3.38 1.59 0.12 1.10 99.48 <4 342 115 33 5 19 8 7 11 57 73 346 6 71 16	HA-38 <sup>®</sup> Rubble 63.39 0.63 17.41 4.72 0.06 1.45 5.18 3.66 1.45 5.18 3.66 1.45 9.17 1.13 99.68 <4 487 44 28 9 9 18 10 9 9 9 504 4 74 16	HA-32° Lava 58:24 0.88 17.55 6.84 0.13 3.10 6.48 3.65 0.21 0.21 0.21 0.21 0.21 0.21 0.21 0.21	HA-43 <sup>*</sup> Lava 59.45 0.75 18.78 5.28 0.10 1.84 6.34 3.63 1.98 0.25 0.93 99.33 99.33 <4 475 44 15 11 20 18 5 5 10 53 <3 470 6 5 4 21	H HA-42 <sup>*</sup> Lava 59.68 0.74 18.89 5.25 0.09 1.65 6.29 3.83 3.74 0.25 9.83 1.74 0.25 9.99.10 <4 469 400 16 9 9.20 18 5 9 9 20 18 5 9 3 470 5 5 4 21
Sample No. 1           SiO <sub>2</sub> (wt.%)           TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> MnO           MgO           CaO           Na <sub>4</sub> O           K <sub>2</sub> O           P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> L.O.I.           Total           As(ppm)           Ba           Co           Cr           Ga           Nb           Ni           Pb           Rb           S           Th           V           Y           Zn	01120203°           69.00           0.47           14.87           3.61           0.08           1.17           3.46           2.50           0.14           0.58           99.48           <4	$\begin{array}{c} E \\ \hline IM-58^\circ \\ \hline 73.77 \\ 0.11 \\ 14.05 \\ 1.60 \\ 0.04 \\ 0.24 \\ 1.34 \\ 4.378 \\ 4.31 \\ 0.02 \\ 0.40 \\ 99.66 \\ \hline n.d. \\ 708 \\ 74 \\ 4 \\ 4 \\ 4 \\ 16 \\ 10 \\ 5 \\ 22 \\ 116 \\ 10 \\ 10 \\ 12 \\ 116 \\ 10 \\ 12 \\ 117 \\ 37 \\ \end{array}$	F 1M-54* 70.51 0.31 15.09 2.40 0.06 0.55 1.72 3.70 4.72 0.07 3.70 4.72 99.65 n.d. 253 61 10 21 20 18 6 27 186 29 148 13 22 16 59	G HA-37 <sup>*</sup> Rubble 57.78 0.83 18.10 6.75 0.12 3.85 6.39 3.35 1.27 0.20 99.66 <4 376 36 39 10 19 11 10 8 30 6 44 5 146 26 75	$\begin{array}{c} \text{HA-40}^\circ \\ \hline \text{Rubble} \\ 58.49 \\ 0.63 \\ 17.10 \\ 6.67 \\ 0.11 \\ 4.04 \\ 7.41 \\ 2.90 \\ 1.14 \\ 0.10 \\ 0.96 \\ 99.55 \\ <4 \\ 230 \\ 37 \\ 175 \\ 29 \\ 18 \\ 5 \\ 28 \\ 8 \\ 32 \\ 23 \\ 274 \\ 4 \\ 144 \\ 22 \\ 74 \\ \end{array}$	HA-34° Rubble 62.70 0.53 17.11 5.11 0.11 2.26 5.47 3.38 1.59 0.12 1.10 99.48 <4 342 115 33 5 19 8 7 73 346 6 71 16 63	HA-38 <sup>®</sup> Rubble 63.39 0.63 17.41 4.72 0.06 1.45 5.18 3.64 1.90 0.17 1.13 99.68 <4 487 44 487 44 28 9 18 10 9 9 504 4 4 74 16 45	HA-32° Lava 58.24 0.88 17.55 6.88 17.55 6.84 0.13 3.10 6.48 3.65 1.65 0.21 0.53 99.26 <4 413 48 45 13 19 15 9 8 46 11 377 5 107 25 79	HA-43* Lava 59.45 0.75 18.78 5.28 0.10 1.84 6.34 1.98 0.25 0.93 99.33 99.33 <4 475 44 15 11 120 18 5 3 470 6 54 21 69	H HA-42 <sup>*</sup> Lava 59.68 0.74 18.89 5.25 0.09 1.65 6.29 3.83 1.74 0.25 0.69 99.10 <4 469 40 16 9 9.00 <4 469 40 16 9 20 18 5 9 49 3 470 5 5 4 21 71

Table 4. Whole-rock chemical compositions of typical rocks in the studied area.

 Zr
 141
 111
 105
 106
 77
 69
 121
 151
 161

 \*: total iron as Fe<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, L.O.L: loss on ignition, n.d.: not detected.
 O: collected from outcrop, R: rolling stone.
 O: collected from outcrop, R: rolling stone.

 A: Tagawa Metamorphic rocks, B: Diorite, C: Asakura Granodiorite, D: Soeda Granodiorite, E: Masaki Granite,

F: Yusubaru Granite, G: Kitasakamoto Formation, H: Hikosan Volcanics.

M. sch.: mafic schist, P. sch.: pelitic schist.

- 48 -

HA-32 01120203 01120203 01120203 HA-17 01120203 HA-17 HA-32 IM-31 IM-31 Sample No. Pl. Pl. Pl.+Qtz. Kfs. Hbl. Bt. A.Bt. Px. Ilm. Px. 64.38 51.74 74.65 SiO<sub>2</sub>(wt.%) 77.02 44.60 36.10 38.71 51.28 50.11 20.83 TiO<sub>2</sub> 0.05 0.03 0.03 0.05 1.24 3.15 0.55 20.23 1.77 1.32 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 29.57 15.44 13.81 19.32 11.36 14.91 21.87 2.201.23 1.26 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\* 0.54 0.000.000.0021.32 25.45 19.57 21.36 23.1342.86 MnO 0.01 0.00 0.50 0.00 0.00 0.51 0.19 0.46 0.64 0.43 MgO 0.12 0.07 0.07 0.07 7.19 8.31 5.63 19.97 21.22 9.46 CaO 12.83 4.08 3.37 1.75 9.88 0.49 1.45 3.56 1.46 0.83 4.40 Na<sub>2</sub>O 4.03 4.63 3.30 1.21 0.07 0.21 0.22 0.11 0.13  $K_2O$ 0.20 0.38 0.42 9.87 0.46 8.54 2.30 0.08 0.020.03  $P_2O_5$ 0.01 0.02 0.01 0.02 0.01 0.20 0.20 0.07 0.16 0.14 99.10 99.27 98.74 Total 99.09 97.77 97.73 91.90 99.75 99.40 96.20 n.d. <4 n.d. n.d. As(ppm) n.d. n.d. n.d. Ba 98 66 83 1280 65 1264 638 28 25 n.d. <5 93 Co <5 41 57 49 86 n.d. n.d. 110 Cr 4 7 7 <4 8 54 18 170 107 411 Cu 6 4 4 <4 39 n.d. n.d. n.d. n.d. n.d. 23 Ga 17 15 15 22 37 5 Nb 20 23 <5 n.d. n.d. 60 11 150 n.d. n.d. Ni 7 7 10 7 5 48 61 19 n.d. n.d. Pb <5 16 16 44 <5 <5 <5 15 172 219 Rb <6 17 n.d. 547 n.d. n.d. n.d. 25 S 7 <3 <3 27 135 50 n.d. 12 30 737 326 329 Sr 276 48 10 121 21 13 21 n.d. Th n.d. <4 n.d. n.d. n.d. <4 199 v 315 197 167 1689 8 <4 6 <4 315 Y <6 <6 <6 108 23 20 <6 12 10 9 Zn 7 8 7 <4 231 473 300 191 325 243 Zr n.d. 28 <4 n.d. 91 143 48 30 81 347

Table 5. Chemical compositions of minerals.

\*: total iron as Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, n.d.: not detected.

Pl.: plagioclase, Qtz.: quartz, Kfs.: K-feldspar, Hbl.: hornblende, Bt.: biotite, A.Bt.: argillizied biotite, Px.: pyroxene, Ilm.: ilmenite.

を支配する可能性が示唆される.

### 2. 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 (Appendix 2)をもとに、各元素の地球化学図を作成した (Fig. 5). この際, H<sub>2</sub>O<sup>-</sup>が試料の乾燥状態によ り大きく変化するため、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あつかい,鉄は三価の鉄を 全 Fe(total Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)とした. Sについては, 大部分が有機物由来で,季節変動が大きい(古 川ほか、2004)ため、地球化学図の作成は行わ なかった.得られた地球化学図は、試料採取密 度から,これまでに限定された地域において作 成された地球化学図(伊藤ほか, 1991; Tanaka et al, 1994, 1996;田中ほか, 1995;戸上ほか, 1997;山本ほか、1998;太田ほか、2002、2004 など)と同程度の精度を有すると考えられる. 本調査地域は地質が複雑で(Fig.2),場所によっ

ては複数の地質体からもたらされた堆積物が混 在していると考えられる.したがって,地質と の関連を検討する際に,特定の地質体のみの影 響を受けている地域を対象とする必要がある. そこで検討対象地域として,田川変成岩類分布 域 (A),閃緑岩分布域 (B),朝倉花崗閃緑岩 分布域 (C),添田花崗閃緑岩分布域 (D),真 崎花崗岩分布域 (E),油須原花崗岩分布域 (F), 北坂本累層分布域 (G)を設定した (Fig.5).

岩石の分布に規制されない濃度分布を示す元素
 地球化学図(Fig.5)において,SiO<sub>2</sub>,Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,
 MnO,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,Ga,Pbの濃度分布には偏りがあ
 まり認められない.また,TiO<sub>2</sub>,As,Co,Nb,
 Zn,Zrは岩石ごとの濃度差はあまり見られな
 い(Table 4)が,地球化学図上では濃度分布
 に偏りが見られる.このことは,TiO<sub>2</sub>,As,Co,
 Nb,Zn,Zr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.
 TiO<sub>2</sub>,Nb,Zn,Zrは河川堆積物中の濃度が岩



Fig. 4. Mineral distribution of stream sediments estimated by X-ray diffraction analysis. Lozenges show the sampling points of stream sediments. Intensity of spectra for K-feldspar, hornblende, biotite and pyroxine is shown in shades of black in the separated area of the lozenge.

石よりも高い. さらに, 全 Fe と Th も岩石中 の濃度よりも高い.本地域に分布する岩石にほ ぼ普遍的に含まれ、TiO<sub>2</sub>,Nb,Znを濃集する 鉱物は、チタン鉄鉱である (Table 5). した がって, チタン鉄鉱の含有量が, 各分布域の河 川堆積物で増加したため、岩石よりも高い濃度 を示したと考えられる.これは、河川堆積物の 全 Fe 濃度が,岩石よりも高いこととも矛盾し ない. さらにZr はジルコンが, Th はモナザ イトが河川堆積物中で増加したため高い濃度を 示すと考えられる.モナザイトには Zn も濃集 する (戸上ほか, 1997) ことから, Zn の濃度 分布にもモナザイトが影響を与えていると考え られる. 鏡下観察では、モナザイトは確認して いないが、花崗岩類には普遍的に含まれている と考えられる.以上のことから、TiO<sub>2</sub>,全Fe, Nb, Th, Zn, Zrの濃度を支配する要素は、 チタン鉄鉱、ジルコン、モナザイトであると考 えられる.

Coは、河川堆積物中の濃度と岩石中の濃度 を直接比較することはできないが、田川変成岩 類分布域 (A), 閃緑岩分布域 (B), 朝倉花崗 閃緑岩分布域 (C),北坂本累層分布域 (G) で 高い濃度を示し、添田花崗閃緑岩分布域 (D), 真崎花崗岩分布域 (E), 油須原花崗岩分布域 (F) で低い濃度を示す傾向にある (Fig. 5). Co を濃集する鉱物は, 普通角閃石, 黒雲母, 輝石, チタン鉄鉱であり (Table 5), これらの有色 鉱物が河川堆積物中で増加したため、高い濃度 を示すと考えられる.これらの有色鉱物は、鉱 物組み合わせは異なるが、どの岩石中にも含ま れる (Table 1). しかし, 田川変成岩類, 閃 緑岩,朝倉花崗閃緑岩,北坂本累層中の火山岩 の方が, 添田花崗閃緑岩, 真崎花崗岩, 油須原 花崗岩よりも多く含む場合が多い.このため有 色鉱物が河川堆積物中で増加しやすかったと考 えられる.

As 濃度は, 泥質片岩には最大 8 ppm である が,他の岩石中では検出限界以下である(Table 4).これに対して,大部分の河川堆積物中 には 5 ppm 以上含まれる(Appendix 2).地 球化学図では,Asは田川変成岩類分布域(A) と北坂本累層分布域(G)で高い濃度を示す(Fig. 5).今回測定を行った鉱物中にはAsはほとん ど含まれていない(Table 5)ため,これらの 鉱物の濃集では説明できない.Asは硫砒鉄鉱



Fig. 5. Distribution of major and trace elements contents in stream sediments in the Ima River and Harai River basins.



Fig. 5. (continued)



Fig. 5. (continued)



Fig. 5. (continued)







Fig. 5. (continued)





- A : Tagawa metamorphic rock area
- **B** : Diorite area
- C: Asakura Granodiorite area
- D : Soeda Granodiorite area
- E : Masaki Granite area
- F : Yusubaru Granite area
- G: Kitasakamoto Formation area

Fig. 5. (continued)

や黄鉄鉱などの硫化物に多く含まれ,堆積物中 では鉄の酸化・水酸化物(フェリハイドライト や針鉄鉱)の表面に吸着される(丸茂,2003). さらに,植物にも吸収されることが知られてい る.周辺地域には硫化鉱物を伴う鉱床は知られ ていない(木下,1961;唐木田ほか,1992). さらに,河川堆積物中のAs濃度とFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,S 濃度には明瞭な相関が認められないことから (Appendix 2),これらがAs濃度を支配する 要因であるとは考えにくい.したがって,現在 のところAsの濃度分布の要因を特定すること はできない.

## 岩石の分布に規制された濃度分布を示す元素

田川変成岩類分布域(A)は、MgO, Cr, Cu, Ni 濃度が高く, Na<sub>2</sub>O 濃度が低い傾向がある (Fig.5).田川変成岩類の主体をなす泥質片岩 は,他の岩石と比較して, MgO, As, Cr, Cu, Ni に富み, Na<sub>2</sub>O に乏しい(Table 4, Figs.6, 7).このことから,この分布域の河川堆積物の 化学組成の特徴は,田川変成岩類の泥質片岩の 化学組成の特徴を反映していると考えられる. 閃緑岩分布域(B)は、MgO 濃度が高く、Cr, Cu,Ni 濃度が低い傾向がある(Fig.5).閃緑 岩は MgO,Cu に富み、Cr,Ni に乏しい(Table 4, Figs.6,7).したがって、MgO,Cr, Ni は岩石の化学組成の特徴を反映しているが、 Cu は反映していない.これはCu に富む粘土 化した黒雲母(Table 5)の減少が要因である と考えられるが、これだけでは説明できず、Cu に乏しい他の鉱物の濃集の影響も考えられる.

朝倉花崗閃緑岩分布域(C)は、MgO, Cu, V 濃度が高く,Ni 濃度が低い傾向がある(Fig. 5).朝倉花崗閃緑岩は,MgO,Cu,Vに富み, Ni に乏しい(Table 4, Figs. 6,7).したがっ て,この分布域の河川堆積物の化学組成は,朝 倉花崗閃緑岩の化学組成の特徴を反映している と考えられる.

添田花崗閃緑岩分布域(D)は, Ba 濃度が 高く, MgO, Cr, Ni, V 濃度が低い傾向があ る (Fig. 5). 添田花崗閃緑岩は,比較的 Ba に 富み, MgO, Cr, Ni, V に乏しい (Table 4, Figs. 6, 7). したがって,この分布域の河川堆



Fig. 6. SiO<sub>2</sub>-oxides diagrams of rock samples.

積物の化学組成は,岩石の化学組成の特徴を反映している.

真崎花崗岩分布域(E)は,Ba濃度が高く, MgO,CaO,Ni,Sr濃度が低い傾向がある(Fig. 5).真崎花崗岩は,Baに富み,MgO,CaO, Ni,Srに乏しい(Table 4, Figs.6,7).した がって,この分布域の河川堆積物の化学組成は, 岩石の化学組成の特徴を反映していると考えら れる.

油須原花崗岩分布域 (F) は, K<sub>2</sub>O, Ba, Rb 濃度が高く, MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O, Cu, Ni, Sr, V 濃度が低い傾向がある (Fig. 5). 油須原花崗 岩は, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, Cu, Rb に富み, MgO, CaO, Ba, Ni, Sr, V に乏しい (Table4, Figs. 6, 7). したがって, MgO, CaO, K<sub>2</sub>O, Ni, Rb, Sr, V は岩石の化学組成の特徴を反映しているが, Na<sub>2</sub>O, Ba, Cu は反映していないといえる. 鉱 物の化学組成(Table 5)から, Na<sub>2</sub>O は斜長 石の減少が, Ba はカリ長石の濃集が要因であ ると考えられる. X 線回折でも,本分布域の河 川堆積物には,カリ長石が確認されており,こ れと矛盾しない. Cu については,カリ長石の 濃集でも説明できるが,粘土化した黒雲母の減 少も関係していると考えられる.

北坂本累層分布域 (G) は, MgO, Cr, Ni, Sr 濃度が高く, K<sub>2</sub>O, Rb, Y 濃度が低い傾向 がある (Fig. 5). 北坂本累層の溶岩, 凝灰角礫 岩中の角礫は, MgO, Cr, Sr に富み, K<sub>2</sub>O,



Fig. 7. SiO<sub>2</sub>-trace element diagrams of rock samples. Symbols are the same as those in Figure 6.

Ni, Rb, Yに乏しい (Table 4, Figs. 6, 7). したがって, MgO, K<sub>2</sub>O, Cr, Rb, Sr, Yは 岩石の化学組成の特徴を反映しているが, Ni は反映していない. これは Ni に富む輝石 (Table 5) の濃集が原因であると考えられる. X 線回折でも, 輝石が確認されており, これと矛 盾しない.

また、これ以外の地域でも、特定の元素が高 い濃度や低い濃度を示す場合があるが、これら は、複数の岩体からの砕屑物の供給、特定の鉱 物の濃集によって説明が可能である.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 濃集によって説明される.したがって、今回分 析を行った元素については、濃度分布が地域地 質を反映していると考えられる.しかしながら, 真崎花崗岩分布域の一地点(IM-02)では、Pb が376ppm (Appendix 2) と、他の河川堆積物 と比べ異常に高い濃度を示す. この地点は真崎 花崗岩由来の鉱物のみの影響を受けていると考 えられる. 真崎花崗岩に含まれる鉱物で、Pb に富む鉱物はカリ長石(Table 5)であるが. カリ長石の含有量の増加だけでは、この高い濃 度を説明することはできない. また, カリ長石 以外の鉱物で、Pbの濃度を支配する鉱物は現 在のところ確認できてない. さらに, 試料採取 地域の周辺ならびに上流域には、Pb を含む鉱 床は知られていない(木下, 1961; 唐木田ほか, 1992). したがって、この異常な Pb の高濃度 は、人為的な要因と考えられる. この人為的な 要因としては、自動車の排出ガスに含まれてい る鉛の蓄積,蓄電池,猟などに使われる鉄砲玉, 釣の重りとして使用される鉛玉などが考えられ るが、 試料採取地点付近の河川状況に特別変 わったところはなく、現在のところ要因は確定 できない.

## まとめ

今川, 祓川流域の河川堆積物の化学分析結果 を行い, これまで日本各地で作成されている地 球化学図と同程度の精度を有する地球化学図を 作成した. その解析の結果, 大部分の元素の濃 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.したがって,ほと んど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.しかし,Asの濃度分布につ いては,要因の確定はできていない.さらに, 真崎花崗岩分布域の一地点では,Pbの濃度が 異常に高い.これは岩石の化学組成および,鉱 物の濃集過程によって説明することができず, 人為的な要因によると考えられる.

## 謝 辞

本論文は高本の福岡大学理学部地球圏科学科 における平成15年度の卒業研究をまとめたもの である.研究を進めるにあたり,福岡大学理学 部地球圏科学科の奥野 充博士,鮎沢 潤博士 には様々なご意見,御討論をいただいた.また, X線回折の際には,福岡大学院理学研究科の祐 徳信武氏(現:基礎地盤コンサルタンツ株式会 社)にご指導いただいた.福岡大学理学部地球 圏科学科の田口幸洋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

- 安藤 厚, 1975, 粉末試料の調整について. ぶんせき, 8, 512-520.
- Fauth, H., Hindel, R., Siewers, U. and Zinner, J., 1985, Geochemisher Atlas Bundesrepublik Deutschland. Inst. Geosci. Natural Resources, Hannover, 79p.
- 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.
- 英彦山団研グループ, 1984, 九州北部, 英彦山地 域の後期新生代火山層序および地質構造. 地 質学論集, no. 24, 59-76.
- 英彦山団研グループ, 1987, 北部九州英彦山地域 の鮮新世火山活動と構造運動.地団研専報, no. 33, 87-106.
- 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

- 60 -

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,209p.
- 伊藤司郎・上岡 晃・田中 剛・富樫茂子・今井 登・金井 豊・寺島 滋・字都浩三・岡井 貴司・氏家真澄・柴田 賢・神谷雅晴・佐藤 興平・坂本 亨・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,35p.
- 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.
- 唐木田芳文・早坂祥三・長谷義隆, 1992, 日本の 地質 9 九州地方. 共立出版, 東京, 371p.
- 木下亀城, 1961, 日本地方鉱床誌 9 九州地方. 朝倉書店, 東京, 695p.
- Koljonen, T., 1992, The geochemical atlas of Finland, Part 2, Till. Geological Survey of Finland, 218p.
- 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.
- Lis, J. and Pasieczna, A., 1995, *Geochemical atlas of Poland*. Polish Geological Institute, 125p.
- 丸茂克美,2003,鉱物を用いた地質汚染浄化.資 源地質学会編,資源環境地質学,393-398.
- 松本達郎, 1951, 北九州・西中国の基盤地質構造 概説. 九大理研報(地質学), **3**, 37-48.
- 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. 地球化学,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.

- 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.
- 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. J. 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・大森芙美子,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. J. 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.
- Weaver, T. A., Broxton, D. E., Bolivar, S. L. and Freeman, S. H., 1983, *The geochemi-*

*cal atlas of Alaska*. Geochemistry Group, Earth and Space Science Division, Los Alamos National laboratory, GJBX-32, 83, US DOE, 61p.

- Webb, J. S., Nichol, I., Foster, R., Lowenstein, P. L. and Howarth, R. J., 1973, *Provisional* geochemical atlas of Northern Ireland. Applied Geochemical Research Group, Imperial College, London, 36p.
- Webb, J. S., Thornton, I., Thompson, M., Howarth, R. J. and Lowenstein, P. L., 1978, *The Wolfson geochemical atlas of England and Wales*. Clarendon Press, Oxford, 69p.
- 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.

- 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・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.



Appendix 1. Sample localities of stream sediments and rock samples. Solid circles and squares are stream sediments and rock samples, respectively.

	Sample No.	IM-01	IM-02	IM-03	IM-04	IM-05	IM-06	IM-07	IM-08	IM-09	IM-10	IM-11	IM-12
TO, DAG         0.69         0.66         1.03         0.90         1.18         0.91         0.72         0.62         0.71         2.53         0.71         0.56           Fe,O         4.24         1.78         3.35         3.70         4.66         4.71         2.94         2.30         6.33         3.30         2.56         2.34           MaO         0.16         0.17         0.17         0.20         0.18         0.13         0.16         0.09         2.02         2.33         1.40         1.00           CAO         2.06         2.34         2.87         2.31         3.09         2.05         2.07         2.15         3.47         2.08         2.39         1.40         1.00           CAO         2.77         1.34         1.26         1.24         2.26         2.23         2.70         2.60         2.13         2.25         3.03         1.05         1.01         0.15         1.01         0.01	SiO <sub>2</sub> (wt.%)	54.35	52.02	46.99	48.31	51.73	53.47	59.18	52.41	56.60	51.96	50.65	56.35
AiO, FeO,         18.44         19.31         15.80         16.08         16.45         18.04         16.37         17.24         17.16         16.21         18.37         18.45           FeO,         1.49         2.47         2.92         2.57         2.08         1.34         2.91         2.35         2.07         3.30         2.65         2.34           MaO         0.16         0.17         0.10         0.01         0.01         0.02         2.05         2.13         3.13         3.00         0.05         0.25         0.13         0.25           NaO         2.48         2.47         2.59         3.13         3.00         2.05         2.13         2.30         2.05         2.33         3.07         2.72         2.68         2.46         2.77         2.38         4.78         2.27         2.30         4.14         0.14         0.14         0.14         0.14         0.15         0.18         2.07         2.28         3.07         2.27         1.80         4.78         2.27         1.80         4.78         2.27         1.80         4.61         1.81         2.07         2.38         2.41         2.25         1.77         1.81         2.09         3.76	TiO <sub>2</sub>	0.69	0.66	1.03	0.90	1.18	0.91	0.72	0.62	0.71	2.53	0.71	0.56
FeO         4.24         2.78         3.35         3.70         4.66         4.71         2.94         2.50         6.33         3.30         2.26         2.34           MnO         0.16         0.17         0.17         0.17         0.20         0.18         0.13         0.16         0.09         2.35         2.37         3.30         2.26         2.34           NaQ         2.82         2.34         2.87         2.34         2.29         2.07         2.46         2.33         2.38         2.27         2.62           KuO         2.82         2.34         2.87         2.34         2.28         2.66         2.28         2.46         2.73         2.38         2.27         2.38         2.27         2.28         3.30         0.01         0.01         0.113         0.14         0.13         0.14         0.13         0.14         0.13         0.14         0.13         0.14         0.13         0.14         0.13         0.14         0.13         0.14         0.13         0.14         0.13         0.14         0.13         0.14         0.13         0.14         0.13         0.14         0.13         0.14         0.13         0.14         0.13         0.14	$Al_2O_3$	18.41	19.31	15.80	16.08	16.45	18.04	16.37	17.24	17.16	16.21	18.57	18.45
FeO         1.99         2.47         2.92         2.57         2.08         1.34         2.91         2.35         2.07         3.30         2.56         2.34           MgO         1.44         1.09         1.63         1.44         1.09         1.33         1.30         2.00         0.00         0.22         0.13         0.24           Na <sub>6</sub> O         2.82         2.37         2.287         2.59         3.13         3.09         2.05         2.07         2.13         2.00         2.13         2.03         0.20         2.13         2.00         2.13         2.00         2.07         2.26         2.13         2.00         2.01         0.16         0.03         0.17         0.16         0.13         0.14         0.19         2.23         0.00         9.01         0.01         9.01         0.01         9.01         0.01         9.01         0.01         9.01         0.01         9.01         0.01         9.01         0.01         9.01         0.01         0.01         9.00         0.01         0.01         0.01         0.01         0.01         0.01         0.01         0.01         0.01         0.01         0.01         0.01         0.01         0.01         0.0	$Fe_2O_3$	4.24	2.78	3.35	3.70	4.66	4.71	2.94	2.94	3.50	6.33	3.40	2.83
MnO         0.16         0.17         0.17         0.20         0.18         0.13         0.16         0.09         0.20         0.25         0.13         1.15         2.39         1.40         1.00           CaO         2.06         2.24         2.87         2.59         3.13         3.09         2.05         2.07         2.15         3.48         2.27         2.62           K,O         2.82         2.39         1.34         1.29         1.68         2.24         2.29         2.00         2.66         2.18         2.446         2.273         2.28         2.30         3.01         0.10         0.11         0.16         0.01         0.01         0.16         0.01         0.017         0.16         0.01         0.017         0.16         0.01         0.017         0.16         0.01         0.017         0.016         0.01         0.017         0.016         0.01         0.017         0.016         0.01         0.017         0.016         0.01         0.010         0.018         0.016         0.010         0.016         0.01         0.016         0.010         0.01         0.01         0.010         0.01         0.01         0.01         0.01         0.01         0.01	FeO	1.99	2.47	2.92	2.57	2.08	1.34	2.91	2.35	2.07	3.30	2.56	2.34
MgO         1.44         1.09         1.63         1.49         1.95         1.77         1.95         1.33         1.53         2.39         1.40         1.00           Na,O         2.68         2.39         1.56         1.44         2.24         2.66         2.28         2.07         2.16         2.03         2.05         2.05         2.01         2.06         2.01         2.05         2.00         2.01         2.06         2.13         2.50         3.07         2.02         2.06         2.01         2.03         2.01         0.01         0.01         0.01         0.01         0.01         0.01         0.01         0.01         0.01         0.01         0.01         0.01         0.01         0.01         0.01         0.01         0.01         0.01         0.00         0.01         0.00         0.0	MnO	0.16	0.17	0.17	0.20	0.18	0.13	0.16	0.09	0.20	0.25	0.13	0.24
CaO         2.06         2.24         2.27         1.56         1.48         2.24         2.26         2.27         2.46         2.73         2.38         2.27         2.62           K,O         2.32         2.79         1.34         1.29         1.68         2.24         2.20         2.46         2.73         2.38         2.27         2.62         3.07           P,O         7.76         1.32         5.14         5.45         3.75         2.72         1.80         4.78         2.27         1.83         2.97         2.25         7.81           Total         99.60         10.29         99.88         99.41         99.55         10.07         99.90         101.28         80.20         2.17         7.81           Ba         368         548         342         342         342         364         36         52         28         48         32         31         41         12         14         18         10         16         16           C0         17         10         14         13         15         14         12         14         15         17         35         19         16           C1         18	MgO	1.44	1.09	1.63	1.49	1.95	1.77	1.95	1.33	1.53	2.39	1.40	1.00
Na <sub>0</sub> O         2.82         2.39         1.56         1.48         2.24         2.26         2.28         2.46         2.73         2.26         2.13         2.50         3.07           P,O,         0.17         0.17         0.33         0.26         0.20         0.16         0.09         0.17         0.16         0.14         0.47         0.27         1.83         2.97         2.28         3.07         7.81           P,O         7.76         1.132         16.75         15.09         10.32         8.83         7.16         1.212         8.32         6.92         13.27         7.81           Total         9.00         10.02         9.88         99.1         9.55         10.07         9.90         10.128         10.00         99.83         10.00         99.79           As(pm)         6         9         13         17         8         6         7         7         15         5         8         7           Ba         368         548         342         312         144         12         145         138         351         143         151         163         30         22         24         111         16         161	CaO	2.06	2.34	2.87	2.59	3.13	3.09	2.05	2.07	2.15	3.47	2.03	2.08
KO         2.73         2.79         1.34         1.29         1.68         2.24         2.29         2.70         2.69         2.13         2.50         3.07           HO         2.78         2.78         5.14         5.45         3.75         2.72         1.80         4.78         2.27         1.83         2.97         2.25           Total         99.60         100.29         99.89         99.41         99.55         100.07         99.90         101.28         100.09         99.83         100.60         99.79           Asignmin         6         9         13         17         8         6         7         7         15         5         8         7           Ba         568         548         342         342         366         457         438         397         415         338         351         451           Co         17         18         13         13         14         12         14         13         14         12         14         13         13         14         12         12         12         12         12         12         13         151         161         161         16         16<	Na <sub>2</sub> O	2.82	2.39	1.56	1.48	2.24	2.66	2.28	2.46	2.73	2.38	2.27	2.62
P.O.         0.17         0.17         0.13         0.17         0.13         0.14         0.19           H.O         7.76         11.32         16.75         15.09         10.32         8.83         7.16         12.12         8.32         6.09         9.89         99.91           As(prm)         6         9         13         17         8         6         7         7         15         5         8         7           Ba         566         9         13         17         8         6         7         7         15         5         8         7           Ba         566         9         13         17         8         6         7         7         15         5         8         7           Ba         566         177         10         17         14         13         14         12         14         18         13         19         16           Ga         22         14         15         13         13         15         13         13         13         14         13         14         14         14         14         14         14         14         15 <t< td=""><td><math>K_2O</math></td><td>2.73</td><td>2.79</td><td>1.34</td><td>1.29</td><td>1.68</td><td>2.24</td><td>2.29</td><td>2.70</td><td>2.69</td><td>2.13</td><td>2.50</td><td>3.07</td></t<>	$K_2O$	2.73	2.79	1.34	1.29	1.68	2.24	2.29	2.70	2.69	2.13	2.50	3.07
H <sub>Q</sub> O         2.78         2.78         5.14         5.45         3.75         2.72         1.80         4.78         2.27         1.83         2.97         2.25           Total         99.60         100.29         99.88         99.41         99.55         100.07         99.90         10.128         100.09         99.83         100.60         99.79           As(pm)         6         9         13         17         8         6         7         7         15         5         8         7           Ba         568         548         342         342         366         457         438         397         415         338         351         451           Co         17         10         17         14         13         13         14         12         14         13         13         14         12         14         13         14         12         14         13         13         14         12         14         11         16         16           Ga         20         17         17         17         24         22         12         12         13         15         15         15         15	$P_2O_5$	0.17	0.17	0.33	0.26	0.20	0.16	0.09	0.17	0.16	0.13	0.14	0.19
H <sub>0</sub> C7.7611.3216.7515.0910.328.837.1612.128.838.9213.277.81As(prm)691317867715587Ba368548342342346351144121418139Co1710171413114121418139Cu1639793121142227201111616Ga22211920192120202326222921Nb182017172422141517351916Ni11142318131529162361411Pb2937637242222212926222927Rb1261096767708799127123153193144S502484199018222222212315313315415315	$H_2O^-$	2.78	2.78	5.14	5.45	3.75	2.72	1.80	4.78	2.27	1.83	2.97	2.25
Total         99.60         100.29         99.88         99.41         99.55         100.07         99.90         101.28         100.09         99.83         100.60         99.79           As(pm)         6         9         13         17         8         6         7         7         15         5         8         7           Da         368         548         342         342         366         457         438         397         415         338         351         451           Co         13         10         17         14         13         13         14         12         14         13         9           Ca         22         21         10         11         14         12         14         12         14         13         14         12         14         15         10         10         11         16         16           Ni         11         14         23         18         13         15         12         16         13         13         13         13         14         13         13         14         13         13         14         14         13         13 <t< td=""><td><math>H_2O^+</math></td><td>7.76</td><td>11.32</td><td>16.75</td><td>15.09</td><td>10.32</td><td>8.83</td><td>7.16</td><td>12.12</td><td>8.32</td><td>6.92</td><td>13.27</td><td>7.81</td></t<>	$H_2O^+$	7.76	11.32	16.75	15.09	10.32	8.83	7.16	12.12	8.32	6.92	13.27	7.81
Ascgmp)         6         9         13         17         8         6         7         7         15         5         8         7           Co         17         10         17         14         13         13         14         12         14         18         13         9           Cu         16         39         79         31         21         12         22         27         20         11         16         16           Ga         22         21         19         20         19         21         20         22         21         20         23         21           Ni         11         14         23         18         13         15         29         16         23         6         14         11           Pb         9         376         37         24         22         22         121         20         23         231         133         157         133         127         122         89         133         124         10         16         177         85         511         133         157         133         122         133         157         133	Total	99.60	100.29	99.88	99.41	99.55	100.07	99.90	101.28	100.09	99.83	100.60	99.79
Ba         368         548         342         366         457         438         397         415         338         351         451           Cr         23         28         54         37         46         35         52         28         48         32         30         24           Cu         16         39         79         31         21         14         22         27         20         11         16         16           Ga         22         21         19         20         19         21         20         20         20         22         22         21           Nb         11         14         23         18         13         15         29         16         15         13         19         16           S         502         484         1096         866         517         351         193         571         375         138         132         124           S         502         484         1090         182         222         29         177         85         67           Y         40         32         24         25         28         28	As(ppm)	6	9	13	17	8	6	7	7	15	5	8	7
	Ba	368	548	342	342	366	457	438	397	415	338	351	451
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Co	17	10	17	14	13	13	14	12	14	18	13	9
	Cr	23	28	54	37	46	35	52	28	48	32	30	24
	Cu	16	39	79	31	21	14	22	27	20	11	16	16
Nb         118         20         17         17         24         22         14         15         17         35         19         16           Pb         126         109         376         37         24         22         22         21         29         26         22         29         27           Rb         126         109         67         70         87         99         127         122         89         133         154           Sr         155         184         1990         182         222         229         175         143         151         163         158         157           Y         86         76         97         91         107         94         98         79         82         177         85         67           Zr         455         661         353         309         553         555         250         489         601         1626         489         102           Zr         455         661         353         309         513         5267         49.00         53.4         47.16         49.62         48.27           Slo(quts)         55.63	Ga	22	21	19	20	19	20	19	21	20	20	23	21
Ni         11         14         23         18         13         15         29         16         23         6         14         11           Pb         29         376         37         24         22         22         21         29         26         22         29         27           Rb         126         109         67         67         70         87         99         127         122         89         133         124           S         502         484         1990         182         222         229         175         143         151         163         158         157           Th         20         12         9         9         10         12         11         16         77         25         20         16           Zr         132         252         251         157         133         122         103         164         118         123         129         116           Zr         455         661         353         309         553         552         250         489         630         1626         489         1028         135         154         115<	Nb	18	20	17	17	24	22	14	15	17	35	19	16
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	Ni	11	14	23	18	13	15	29	16	23	6	14	11
Rb         126         109         67         67         70         87         99         127         122         89         133         124           Sr         155         184         1990         182         222         229         175         143         151         163         138         157           Th         20         12         9         9         10         12         11         16         27         25         20         16           V         86         76         97         91         107         94         98         79         82         177         85         67           Zn         123         252         251         157         133         122         103         164         118         123         129         116           Zr         455         661         353         309         553         555         250         489         630         1626         489         1028           SiO(wt.%)         55.63         52.11         52.36         49.47         50.78         52.67         49.60         35.4         47.16         49.69         46.77         47.34      <	Pb	29	376	37	24	22	22	21	29	26	22	29	27
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Rb	126	109	67	67	70	87	99	127	122	89	133	124
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	s	502	484	1096	866	517	351	193	571	375	253	521	410
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Sr	155	184	1990	182	222	229	175	143	151	163	138	157
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Th	20	12	9	9	10	12	11	16	27	25	20	16
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	v	86	76	97	91	107	94	98	79	82	177	85	67
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Y	40	32	24	25	28	28	29	36	40	50	43	36
Zr         455         661         353         309         553         555         250         489         630         1626         489         1028           Sample No.         IM-13         IM-14         IM-15         IM-16         IM-17         IM-18         IM-20         IM-21         IM-22         IM-23         IM-24           SiO(wr.%)         55.63         52.11         52.36         49.47         50.78         52.67         49.60         53.54         47.16         49.69         46.27         49.69         46.27         49.69         46.77         49.69         46.77         49.69         46.77         49.69         46.77         49.69         46.77         49.69         46.77         49.69         46.77         49.69         1.32         3.16         43.66         46.7         6.73           FeO         2.14         2.42         1.65         2.63         1.90         0.69         1.32         3.02         4.43         2.42         2.44         1.43         1.15         1.15         Ma         0.15         0.15         MagO         1.17         2.29         1.03         1.75         2.44         1.35         1.74         X6.0         2.32         1.01	Zn	123	252	251	157	133	122	103	164	118	123	129	116
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$					- 2710	~~~	222	250	489	630	1676	//xu	1028
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	Lf	455	661	555	509		555	200	-102	050	1020	402	1020
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Zr Sample No.	455 IM-13	IM-14	IM-15	IM-16	IM-17	IM-18	IM-19	IM-20	IM-21	IM-22	IM-23	IM-24
$            Al, O_1 \\             Fe, O_1 \\             S.11 \\             Fe, O_2 \\             Al, 1 \\             Fe, O_3 \\             Al, 1 \\             Fe, O_2 \\             Al, 2 \\        Al, 2 \\             Al, 2 \\             Al, 2 \\             All \\        All \\        $	Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%)	455 IM-13 55.63	IM-14 52.11	IM-15 52.36	IM-16 49.47	IM-17 50.78	IM-18 52.67	IM-19 49.60	IM-20 53.54	IM-21 47.16	IM-22 49.69	IM-23 46.27	IM-24 49.62
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	Zr Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub>	455 IM-13 55.63 0.55	IM-14 52.11 1.07	IM-15 52.36 0.53	IM-16 49.47 1.20	IM-17 50.78 1.50	IM-18 52.67 4.04	IM-19 49.60 0.94	IM-20 53.54 0.89	IM-21 47.16 1.70	IM-22 49.69 1.23	IM-23 46.27 1.35	IM-24 49.62 1.82
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Zr Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	455 IM-13 55.63 0.55 18.64	IM-14 52.11 1.07 16.53	IM-15 52.36 0.53 20.49	IM-16 49.47 1.20 16.02	IM-17 50.78 1.50 17.20	IM-18 52.67 4.04 14.32	IM-19 49.60 0.94 16.42	IM-20 53.54 0.89 17.66	IM-21 47.16 1.70 15.60	IM-22 49.69 1.23 18.72	IM-23 46.27 1.35 16.45	IM-24 49.62 1.82 17.34
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Zr Sample No. 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>	455 IM-13 55.63 0.55 18.64 3.11	IM-14 52.11 1.07 16.53 5.58	IM-15 52.36 0.53 20.49 3.99	IM-16 49.47 1.20 16.02 3.13	IM-17 50.78 1.50 17.20 5.45	IM-18 52.67 4.04 14.32 10.92	IM-19 49.60 0.94 16.42 5.08	IM-20 53.54 0.89 17.66 2.21	IM-21 47.16 1.70 15.60 3.16	IM-22 49.69 1.23 18.72 4.36	IM-23 46.27 1.35 16.45 4.67	IM-24 49.62 1.82 17.34 6.73
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	$\begin{tabular}{lllllllllllllllllllllllllllllllllll$	455 IM-13 55.63 0.55 18.64 3.11 2.14	IM-14 52.11 1.07 16.53 5.58 2.42	IM-15 52.36 0.53 20.49 3.99 1.65	IM-16 49.47 1.20 16.02 3.13 2.63	IM-17 50.78 1.50 17.20 5.45 1.90	IM-18 52.67 4.04 14.32 10.92 0.69	IM-19 49.60 0.94 16.42 5.08 1.32	IM-20 53.54 0.89 17.66 2.21 3.02	IM-21 47.16 1.70 15.60 3.16 4.43	IM-22 49.69 1.23 18.72 4.36 2.42	IM-23 46.27 1.35 16.45 4.67 2.44	IM-24           49.62           1.82           17.34           6.73           1.43
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Zr Sample No. 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	455 IM-13 55.63 0.55 18.64 3.11 2.14 0.14	IM-14           52.11           1.07           16.53           5.58           2.42           0.20	IM-15 52.36 0.53 20.49 3.99 1.65 0.35	IM-16 49.47 1.20 16.02 3.13 2.63 0.12	IM-17 50.78 1.50 17.20 5.45 1.90 0.13	IM-18           52.67           4.04           14.32           10.92           0.69           0.22	IM-19 49.60 0.94 16.42 5.08 1.32 0.19	IM-20 53.54 0.89 17.66 2.21 3.02 0.12	IM-21 47.16 1.70 15.60 3.16 4.43 0.21	IM-22 49.69 1.23 18.72 4.36 2.42 0.17	IM-23 46.27 1.35 16.45 4.67 2.44 0.15	IM-24           49.62           1.82           17.34           6.73           1.43           0.15
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Zr Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> FeO MnO MgO	455 IM-13 55.63 0.55 18.64 3.11 2.14 0.14 1.17	IM-14           52.11           1.07           16.53           5.58           2.42           0.20           2.29           2.20	JJJ           IM-15           52.36           0.53           20.49           3.99           1.65           0.35           1.03	IM-16 49.47 1.20 16.02 3.13 2.63 0.12 1.75	IM-17 50.78 1.50 17.20 5.45 1.90 0.13 2.94	IM-18 52.67 4.04 14.32 10.92 0.69 0.22 3.55	IM-19 49.60 0.94 16.42 5.08 1.32 0.19 1.43	IM-20 53.54 0.89 17.66 2.21 3.02 0.12 1.91	IM-21 47.16 1.70 15.60 3.16 4.43 0.21 1.46	IM-22 49.69 1.23 18.72 4.36 2.42 0.17 1.33	IM-23 46.27 1.35 16.45 4.67 2.44 0.15 2.01	IM-24           49.62           1.82           17.34           6.73           1.43           0.15           2.48
	Zr           Sample No.           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           CaO	455 IM-13 55.63 0.55 18.64 3.11 2.14 0.14 1.17 2.43 0.01	IM-14           52.11           1.07           16.53           5.58           2.42           0.20           2.29           2.99	IM-15 52.36 0.53 20.49 3.99 1.65 0.35 1.03 1.78	IM-16 49.47 1.20 16.02 3.13 2.63 0.12 1.75 4.10	IM-17 50.78 1.50 17.20 5.45 1.90 0.13 2.94 5.35	IM-18 52.67 4.04 14.32 10.92 0.69 0.22 3.55 3.27	IM-19 49.60 0.94 16.42 5.08 1.32 0.19 1.43 1.76	IM-20 53.54 0.89 17.66 2.21 3.02 0.12 1.91 4.63	IM-21 47.16 1.70 15.60 3.16 4.43 0.21 1.46 2.66	IM-22 49.69 1.23 18.72 4.36 2.42 0.17 1.33 1.88	IM-23 46.27 1.35 16.45 4.67 2.44 0.15 2.01 2.39	IM-24           49.62           1.82           17.34           6.73           1.43           0.15           2.48           2.62
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> FeO MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O	455 <b>IM-13</b> 55.63 0.55 18.64 3.11 2.14 0.14 1.17 2.43 2.96 2.96	IM-14           52.11           1.07           16.53           5.58           2.42           0.20           2.29           2.99           1.56           2.21	JJJ           IM-15           52.36           0.53           20.49           3.99           1.65           0.35           1.03           1.78           2.33	IM-16 49.47 1.20 16.02 3.13 2.63 0.12 1.75 4.10 1.91	IM-17 50.78 1.50 17.20 5.45 1.90 0.13 2.94 5.35 2.39 2.39	IM-18 52.67 4.04 14.32 10.92 0.69 0.22 3.55 3.27 2.06	IM-19 49.60 0.94 16.42 5.08 1.32 0.19 1.43 1.76 1.82	IM-20 53.54 0.89 17.66 2.21 3.02 0.12 1.91 4.63 2.39	IM-21 47.16 1.70 15.60 3.16 4.43 0.21 1.46 2.66 1.67	IM-22           49.69           1.23           18.72           4.36           2.42           0.17           1.33           1.88           2.14	IM-23 46.27 1.35 16.45 4.67 2.44 0.15 2.01 2.39 1.35	IM-24           49.62           1.82           17.34           6.73           1.43           0.15           2.48           2.62           1.74
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Zi           Sample No.           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           CaO           Na <sub>2</sub> O           K <sub>2</sub> O	455 IM-13 55.63 0.55 18.64 3.11 2.14 0.14 1.17 2.43 2.96 2.88 2.12	IM-14           52.11           1.07           16.53           5.58           2.42           0.20           2.29           2.99           1.56           2.04           0.26	JJJ3           IM-15           52.36           0.53           20.49           3.99           1.65           0.35           1.03           1.78           2.33           2.64	IM-16 49.47 1.20 16.02 3.13 2.63 0.12 1.75 4.10 1.91 1.01	IM-17 50.78 1.50 17.20 5.45 1.90 0.13 2.94 5.35 2.39 0.82 0.82	IM-18 52.67 4.04 14.32 10.92 0.69 0.22 3.55 3.27 2.06 1.69	IM-19 49.60 0.94 16.42 5.08 1.32 0.19 1.43 1.76 1.82 1.82 1.82	IM-20 53.54 0.89 17.66 2.21 3.02 0.12 1.91 4.63 2.39 1.15	IM-21 47.16 1.70 15.60 3.16 4.43 0.21 1.46 2.66 1.67 1.23 0.18	IM-22 49.69 1.23 18.72 4.36 2.42 0.17 1.33 1.88 2.14 2.30 0.21	IM-23           46.27           1.35           16.45           4.67           2.44           0.15           2.01           2.39           1.35           1.08           0.17	IM-24           49.62           1.82           17.34           6.73           1.43           0.15           2.48           2.62           1.74           1.68           0.19
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Zr           Sample No.           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           CaO           Na <sub>2</sub> O           K <sub>2</sub> O           P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> U O	455 IM-13 55.63 0.55 18.64 3.11 2.14 0.14 1.17 2.43 2.96 2.88 0.12 2.14	IM-14           52.11           1.07           16.53           5.58           2.42           0.20           2.29           2.99           1.56           2.04           0.26           2.92	JJJ           IM-15           52.36           0.53           20.49           3.99           1.65           0.35           1.03           1.78           2.33           2.64           0.21	J03           IM-16           49.47           1.20           16.02           3.13           2.63           0.12           1.75           4.10           1.91           1.01           0.12	IM-17 50.78 1.50 17.20 5.45 1.90 0.13 2.94 5.35 2.39 0.82 0.12 2.71	IM-18 52.67 4.04 14.32 10.92 0.69 0.22 3.55 3.27 2.06 1.69 0.12	IM-19 49.60 0.94 16.42 5.08 1.32 0.19 1.43 1.76 1.82 1.82 1.82 0.22 4.81	IM-20 53.54 0.89 17.66 2.21 3.02 0.12 1.91 4.63 2.39 1.15 0.11	IM-21 47.16 1.70 15.60 3.16 4.43 0.21 1.46 2.66 1.67 1.23 0.18 5.50	IM-22           49.69           1.23           18.72           4.36           2.42           0.17           1.33           1.88           2.14           2.30           0.21	IM-23 46.27 1.35 16.45 4.67 2.44 0.15 2.01 2.39 1.35 1.08 0.17	IM-24           49.62           1.82           17.34           6.73           1.43           0.15           2.48           2.62           1.74           1.68           0.18
$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	Zr           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> Fe <sub>2</sub> O           MnO           MgO           CaO           Na <sub>4</sub> O           K <sub>2</sub> O           P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> H <sub>2</sub> O	455 1M-13 55.63 0.55 18.64 3.11 2.14 0.14 1.17 2.43 2.96 2.88 0.12 2.14 7.61	b61           IM-14           52.11           1.07           16.53           5.58           2.42           0.20           2.29           2.99           1.56           2.04           0.26           2.83	IM-15           52.36           0.53           20.49           3.99           1.65           0.35           1.03           1.78           2.33           2.64           0.21           2.84           0.55	IM-16           49.47           1.20           16.02           3.13           2.63           0.12           1.75           4.10           1.91           1.01           0.12           5.13	J33           IM-17           50.78           1.50           17.20           5.45           1.90           0.13           2.94           5.35           2.39           0.82           0.12           3.71	IM-18           52.67           4.04           14.32           10.92           0.69           0.22           3.55           3.27           2.06           1.69           0.12           1.63           3.58	IM-19           49.60           0.94           16.42           5.08           1.32           0.19           1.43           1.76           1.82           1.82           1.82           1.82           1.82           1.82           1.82	IM-20           53.54           0.89           17.66           2.21           3.02           0.12           1.91           4.63           2.39           1.15           0.11           3.47           5.62	IM-21           47.16           1.70           15.60           3.16           4.43           0.21           1.46           2.66           1.67           1.23           0.18           5.59           12.69	IO20           IM-22           49.69           1.23           18.72           4.36           2.42           0.17           1.33           1.88           2.14           2.30           0.21           3.75           11.24	4.33           IM-23           46.27           1.35           16.45           4.67           2.44           0.15           2.01           2.39           1.35           1.08           0.17           5.44	IM-24           49.62           1.82           17.34           6.73           1.43           0.15           2.48           2.62           1.74           1.68           0.18           4.04           9.62
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Zr           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> Fe <sub>2</sub> O           MgO           CaO           Na <sub>3</sub> O           K <sub>2</sub> O           P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> H <sub>2</sub> O <sup>*</sup> Total	435 IM-13 55.63 0.55 18.64 3.11 2.14 0.14 1.17 2.43 2.96 2.88 0.12 2.14 7.61 99 52	b61           IM-14           52.11           1.07           16.53           5.58           2.42           0.20           2.29           2.99           1.56           2.04           0.26           2.83           10.11           99.99	IM-15           52.36           0.53           20.49           3.99           1.65           0.35           1.03           1.78           2.33           2.64           0.21           2.84           9.55           99 75	Jos           IM-16           49.47           1.20           16.02           3.13           2.63           0.12           1.75           4.10           1.91           1.01           0.12           5.13           12.57           99 16	J.33           IM-17           50.78           1.50           17.20           5.45           1.90           0.13           2.94           5.35           2.39           0.82           0.12           3.71           6.25           98 54	IM-18           52.67           4.04           14.32           10.92           0.69           0.22           3.55           3.27           2.06           1.69           0.12           1.63           3.58	IM-19           49.60           0.94           16.42           5.08           1.32           0.19           1.43           1.76           1.82           1.82           0.22           4.81           13.97           99.38	IM-20           53.54           0.89           17.66           2.21           3.02           0.12           1.91           4.63           2.39           1.15           0.11           3.47           5.62           96.72	IM-21           47.16           1.700           15.60           3.16           4.43           0.21           1.46           2.66           1.67           1.23           0.18           5.59           13.68           98.73	IM-22           49.69           1.23           18.72           4.36           2.42           0.17           1.33           1.88           2.14           2.30           0.21           3.75           11.34           99.54	463           IM-23           46.27           1.35           16.45           2.01           2.01           2.01           3.55           1.08           0.17           5.44           15.71           99.48	IM-24           IM-24           49.62           1.82           17.34           6.73           1.43           0.15           2.48           2.62           1.74           1.68           0.18           4.04           8.63           98.46
Ba405364361208275438406325319482406442Co102011121823121016132018Cr1949354980734259393810149Cu1162161085361812201820Ga221924181919211919242021Nb171718131473221122271635Ni8201416229192013152815Pb247131231216241421282221Rb122891444328528042561025372S249600479439183116162254561418523314Sr174138131284423211166376189179205193Th1411206<4	27 <u>Sample No.</u> SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> FeO MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O Na <sub>2</sub> O Na <sub>2</sub> O P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O Total	435           IM-13           55.63           0.55           18.64           3.11           2.14           0.14           1.17           2.43           2.96           2.88           0.12           2.14           7.61           99.52	b61           IM-14           52.11           1.07           16.53           5.58           2.42           0.20           2.29           2.99           1.95           2.04           0.26           2.83           10.11           99.99	IM-15           52.36           0.33           20.49           3.99           1.65           0.33           1.03           1.78           2.33           2.64           0.21           2.84           9.55           99.75	J03           IM-16           49.47           1.20           16.02           3.13           2.63           0.12           1.75           4.10           1.91           1.01           0.12           5.13           12.57           99.16	IM-17           50.78           1.50           17.20           5.45           1.90           0.13           2.94           5.35           2.39           0.82           0.12           3.71           6.25           98.54	IM-18           52.67           4.04           14.32           10.92           0.69           0.22           3.55           3.27           2.06           1.69           0.12           1.63           3.58           98.76	IM-19           49.60           0.94           16.42           5.08           1.32           0.19           1.43           1.76           1.82           1.82           0.22           4.81           13.97           99.38	IM-20           53.54           0.89           17.66           2.21           3.02           0.12           1.91           4.63           2.39           1.15           0.11           3.47           5.62           96.72	IM-21           47.16           1.700           15.60           3.16           4.43           0.21           1.46           2.66           1.67           1.23           0.18           5.59           13.68           98.73	IM-22           49.69           1.23           18.72           4.36           2.42           0.17           1.33           1.88           2.14           2.30           0.21           3.75           11.34           99.54	Hold         Hold           IM-23         46.27           1.35         16.45           16.35         4.67           2.44         0.15           2.01         2.39           1.35         1.08           0.17         5.44           15.71         99.48	IM-24           49.62           1.82           17.34           6.73           1.43           0.15           2.48           2.62           1.74           1.63           0.18           0.18           98.46
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Zr           Sample No.           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           CaO           Na <sub>2</sub> O           Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe           MgO           CaO           Na <sub>2</sub> O           H <sub>2</sub> O'           H <sub>2</sub> O'           Total	435 IM-13 55.63 0.55 18.64 3.11 2.14 0.14 1.17 2.43 2.96 2.88 0.12 2.14 7.61 99.52 6	b61           IM-14           52.11           1.07           16.53           5.58           2.42           0.20           2.99           1.56           2.04           0.26           2.83           10.11           99.99	J.J.J           IM-15           52.36           0.53           20.49           3.99           1.65           0.33           1.03           1.78           2.33           2.64           0.21           2.84           9.55           99.75           8	J03           IM-16           49.47           1.20           16.02           3.13           2.63           0.12           1.75           4.10           1.91           1.01           0.12           5.13           12.57           99.16           9	JJJ           IM-17           50.78           1.50           1.50           1.720           5.45           1.90           0.13           2.94           5.35           2.39           0.82           0.12           3.71           6.25           98.54	IM-18           52.67           4.04           14.32           10.92           0.69           0.22           3.55           3.27           2.06           1.69           0.12           1.63           3.58           98.76	IM-19           49.60           0.94           16.42           5.08           1.32           0.19           1.43           1.76           1.82           1.82           0.23           0.23           1.82           1.82           1.82           0.23           1.82           1.82           8           8           100	IM-20           53.54           0.89           17.66           2.21           3.02           0.12           1.91           4.63           2.39           1.15           0.11           3.47           5.62           96.72           5	IM-21           47.16           1.70           15.60           3.16           4.43           0.21           1.46           2.66           1.67           1.23           0.18           5.59           13.68           98.73           18	IM-22           49.69           1.23           18.72           4.36           2.42           0.17           1.33           1.88           2.14           2.30           0.21           3.75           11.34           99.54	Ho         Ho           IM-23         46.27           1.35         16.45           4.67         2.44           0.15         2.01           2.39         1.35           1.08         0.17           5.44         15.71           99.48         8	IM-24           IM-24           49.62           1.82           17.34           6.73           1.43           0.15           2.48           2.62           1.74           1.68           0.18           4.04           8.63           98.46           6
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Zr           Sample No.           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           CaO           Na <sub>2</sub> O           K <sub>2</sub> O           P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> H <sub>2</sub> O'           Total	435 IM-13 55.63 0.55 18.64 3.11 2.14 0.14 1.17 2.43 2.96 2.88 0.12 2.14 7.61 99.52 6 405	b61           IM-14           52.11           1.07           16.53           5.58           2.42           0.20           2.99           1.05           2.04           0.26           2.83           10.11           99.99           5           364	J.J.3           IM-15           52.36           0.53           20.49           3.99           1.65           0.35           1.03           1.78           2.33           2.64           0.21           2.85           99.75           8           361	J03           IM-16           49.47           1.20           16.02           3.13           2.63           0.12           1.75           4.10           1.91           1.01           0.12           5.13           12.57           99.16           9           268	IM-17           50.78           1.50           1.720           5.45           1.90           0.13           2.94           5.35           2.39           0.82           0.12           3.711           6.25           98.54           <4	IM-18           52.67           4.04           14.32           10.92           0.69           0.22           3.55           3.27           2.06           1.69           0.12           1.63           3.58           98.76           4           458	IM-19           49.60           0.94           16.42           5.08           1.32           0.19           1.43           1.76           1.82           1.82           1.82           1.82           99.38           8           406	IM-20           53.54         0.89           17.66         2.21           3.02         0.12           1.91         4.63           2.39         1.15           0.11         3.47           5.62         96.72           5         325	IM-21           47.16           1.70           3.16           4.43           0.21           1.46           2.66           1.67           1.23           0.18           5.59           13.68           98.73           18           319	IN-22           49.69           1.23           18.72           4.36           2.42           0.17           1.33           1.88           2.14           2.30           0.21           3.75           11.34           99.54           14           482	Ho           IM-23           46.27           1.35           16.45           4.67           2.44           0.15           2.01           2.35           1.35           1.08           0.17           5.44           15.71           99.48           8           400	IM-24           IM-24           49.62           1.82           17.34           6.73           1.43           0.15           2.48           2.62           1.74           1.68           0.18           4.04           8.63           98.46           6           442           1.9
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Zr           Sample No.           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           CaO           Na <sub>3</sub> O           K <sub>2</sub> O           P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> Total           As(ppm)           Ba           Co	435 IM-13 55.63 0.55 18.64 3.11 2.14 0.14 1.17 2.43 2.96 0.12 2.14 7.61 99.52 6 405 10	b61           IM-14           52.11           1.07           16.53           5.58           2.42           0.20           2.99           1.56           2.04           0.26           2.83           10.11           99.99           5           364           20           40	JJJ           IM-15           52.36           0.53           20.49           3.99           1.65           0.33           1.78           2.33           2.64           0.21           2.84           9.55           8           361           11	J03           IM-16           49.47           1.20           16.02           3.13           2.63           0.12           1.75           4.10           1.91           1.01           0.12           5.13           12.57           99.16           9           268           12           40	J.33           IM-17           50.78           1.50           1.70           5.45           1.90           0.13           2.94           5.35           2.39           0.82           0.12           3.71           6.25           98.54           <4	IM-18           52.67           4.04           14.32           10.92           0.69           0.22           3.55           3.27           2.06           1.69           0.12           1.63           3.58           98.76           4           458           23	IM-19           49.60           0.94           16.42           5.08           1.32           0.19           1.43           1.76           1.82           0.22           4.81           13.97           99.38           8           406           12	IM-20           53.54         0.89           0.89         17.66           2.21         3.02           0.12         1.91           4.63         2.39           1.15         0.11           3.47         5.62           96.72         5           325         10           10         50	IM-21           47.16           1.70           15.60           3.16           4.43           0.21           1.46           2.66           1.67           1.23           0.18           5.59           13.68           98.73           18           319           16           20	IM-22           49.69           1.23           18.72           4.36           2.42           0.17           1.33           1.88           2.14           2.30           0.21           3.75           11.34           99.54           14           482           13           28	Ho           IM-23           46.27           1.35           16.45           4.67           2.44           0.15           2.01           2.39           1.35           1.08           0.17           5.44           15.718           99.48           8           406           20           101	IM-24           IM-24           49.62           1.82           17.34           6.73           1.43           0.15           2.48           2.62           1.73           1.63           0.15           2.48           2.62           1.74           1.68           0.18           4.04           8.63           98.46           6           442           18           40
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Zr           SiO <sub>2</sub> (wt.%)           SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> FeO           MnO           MgO           CaO           Na <sub>3</sub> O           K <sub>2</sub> O           P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> H <sub>2</sub> O <sup>*</sup> Total           As(ppm)           Ba           Co           Cr	435 <b>IM-13</b> 55.63 0.55 18.64 3.11 2.14 0.14 1.17 2.43 2.96 2.88 0.12 2.14 7.61 99.52 6 405 10 19 11 11 11 11 11 11 11 11 11	b61           IM-14           52.11           1.07           16.53           5.58           2.42           0.20           2.99           1.56           2.049           1.56           2.04           0.26           2.83           10.11           99.99           5           364           20           49           (2)	J.J.J           IM-15           52.66           0.53           20.49           3.99           1.65           0.33           1.78           2.33           2.64           0.21           2.84           9.55           99.75           8           361           11           35	Jog           IM-16           49.47           1.20           16.02           3.13           2.63           0.12           1.01           1.01           1.01           1.01           1.01           99.16           9           268           12           49	IM-17           50.78           1.50           1.50           0.17.20           5.45           1.90           0.13           2.94           5.35           2.39           0.82           0.12           3.711           6.25           98.54           <4	IM-18           52.67           4.04           14.32           10.92           0.69           0.22           3.55           3.27           2.06           1.69           0.12           1.63           3.58           98.76           4           458           23           73	IM-19           49.60           0.94           16.42           5.08           1.32           0.19           1.43           1.76           1.82           0.82           0.22           4.81           13.97           99.38           8           406           12           22	IM-20           53.54           0.89           17.66           2.21           3.02           0.12           1.91           4.63           2.39           1.15           0.11           3.47           5.62           96.72           5           10           59	IM-21           47.16           1.70           15.60           3.16           4.43           0.21           1.46           2.66           1.67           1.23           0.18           5.59           13.68           98.73           18           319           16           39           12	IM-22           49.69           1.23           18.72           4.36           2.42           0.17           1.33           1.88           2.14           2.30           0.21           3.75           11.34           99.54           14           482           13           38           20	Ho           IM-23           46.27           1.35           16.45           4.67           2.44           0.15           2.01           2.39           1.35           1.08           0.17           5.44           15.71           99.48           8           406           20           101	IM-24           49.62           1.82           17.34           6.73           1.43           0.15           2.48           2.62           1.74           1.68           0.18           4.04           8.63           98.46           6           442           18           49           20
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Zr           Sample No.           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           CaO           Na <sub>3</sub> O           K <sub>2</sub> O           P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> H <sub>2</sub> O'           H <sub>2</sub> O'           Total           Co           Cr           Cu           Co	435 IM-13 55.63 0.55 18.64 3.11 2.14 0.14 1.17 2.43 2.96 2.88 0.12 2.14 7.61 99.52 6 405 10 19 11 22	b61           IM-14           52.11           1.07           16.53           5.58           2.42           0.20           2.29           2.99           1.56           2.04           0.26           2.83           10.11           99.99           5           364           20           49           62           10	J.J.           IM-15           52.36           0.53           20.49           3.99           1.65           0.35           1.03           1.75           2.33           2.64           0.21           2.84           9.55           99.75           8           361           11           35           16           24	Jos           IM-16           49.47           1.20           16.02           3.13           2.63           0.12           1.75           4.100           1.01           0.12           5.13           12.57           99.16           9           268           12           49           10	IM-17           50.78           1.50           1.50           1.720           5.45           1.90           0.13           2.94           5.35           2.39           0.82           0.12           3.711           6.25           98.54           <4	IM-18         52.67           4.04         14.32           10.92         0.69           0.22         3.55           3.27         2.06           1.69         0.12           1.63         3.58           98.76         4           458         23           73         5           10         10	IM-19           49.60           0.94           16.42           5.08           1.32           0.19           1.43           1.76           1.82           1.82           1.82           1.82           1.82           1.82           1.82           1.82           1.82           1.82           1.397           99.38           8           406           12           42           36           21	IM-20           S3.54           0.89           17.66           2.21           3.02           0.12           1.91           4.63           2.39           1.15           0.11           3.47           5.62           96.72           5           325           10           59           18	IM-21           47.16           1.70           15.60           3.16           4.43           0.21           1.46           2.66           1.67           1.23           0.18           5.59           13.68           98.73           18           319           16           39           12           10	INEL           IM-22           49.69           1.23           18.72           4.36           2.42           0.17           1.33           1.88           2.14           2.30           0.21           3.75           11.34           99.54           14           482           13           38           20           2.4	IM-23           IM-237           46.27           1.35           16.45           4.67           2.44           0.15           2.01           2.35           1.08           0.17           5.44           15.71           99.48           8           406           20           101           18           20	IM-24           IM-24           49.62           1.82           17.34           6.73           1.43           0.15           2.48           2.62           1.74           1.68           0.14           8.63           98.46           6           442           1.8           98.46
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Zr           Sample No.           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           CaO           Na <sub>2</sub> O           K <sub>2</sub> O           P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> H <sub>2</sub> O'           Total           As(ppm)           Ba           Co           Cr           Cu           Ga           Nb	435           IM-13           55.63           0.55           18.64           3.11           2.14           0.14           1.17           2.43           2.96           0.12           2.14           7.61           99.52           6           405           10           19           11           22           17	b61           IM-14           52.11           1.07           16.53           5.58           2.42           0.20           2.99           2.56           2.04           0.26           2.83           10.11           99.99           5           364           20           49           62           19           17	J.J.3           IM-15           52.36           0.49           3.99           1.65           0.35           1.03           1.78           2.33           2.64           0.21           2.85           99.75           8           361           13           16           24           18	Jos           IM-16           49.47           1.20           16.02           3.13           2.63           0.12           1.75           4.10           1.91           1.01           0.12           5.13           12.57           99.16           9           268           12           49           10           18           12	J.33           IM-17           50.78           1.50           1.720           5.45           1.90           0.13           2.94           5.35           2.39           0.82           0.12           3.711           6.255           98.54           <4	IM-18         52.67           4.04         14.32           10.92         0.69           0.22         3.55           3.27         2.06           2.06         1.69           0.12         1.63           3.58         98.76           4         458           23         5           19         73	IM-19           49.60           0.94           16.42           5.08           1.32           0.19           1.43           1.76           1.82           0.22           4.81           1.327           99.38           8           406           12           42           36           21           22	IM-20           IM-20           53.54           0.89           17.66           2.21           3.02           0.12           1.91           4.63           2.39           1.15           0.11           3.47           5.62           96.72           5           325           10           59           18           19           11	IM-21           47.16           1.70           15.60           3.16           4.43           0.21           1.46           2.66           1.67           1.23           0.18           5.59           13.68           98.73           18           319           16           39           12           19           22	INCL           IM-22           49.69           1.23           18.72           4.36           2.42           0.17           1.33           1.88           2.14           2.30           0.21           3.75           11.34           99.54           14           482           13           38           20           24           27	Ho           IM-23           46.27           1.35           16.45           4.67           2.44           0.15           2.01           2.35           1.35           1.08           0.17           5.44           15.71           99.48           8           406           20           101           18           20           16	IM-24           IM-24           49.62           1.82           17.34           6.73           1.43           0.15           2.48           2.62           1.74           1.68           0.18           4.04           8.63           98.46           6           442           18           49           20           21           35
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Zr           Sample No.           SiO <sub>2</sub> (wt.%)           TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O           MnO           MgO           CaO           Na <sub>2</sub> O           K <sub>2</sub> O           P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> H <sub>2</sub> O'           Total           As(ppm)           Ba           Co           Cr           Cu           Ga           N <sup>15</sup>	435 IM-13 55.63 0.55 18.64 3.11 2.14 0.14 1.17 2.43 2.96 0.12 2.14 7.61 99.52 6 405 10 19 9.55 10 11 22 17 9	b61           IM-14           52.11           1.07           16.53           5.58           2.42           0.20           2.99           2.59           2.04           0.26           2.04           0.26           2.83           10.11           99.99           5           364           20           49           62           19           17           20	JJJ           IM-15           52.36           0.53           20.49           3.99           1.65           0.35           1.03           1.78           2.33           2.64           0.21           2.84           9.55           8           361           11           35           16           24           18           14	Jog           IM-16           49.47           1.20           16.02           3.13           2.63           0.12           1.75           4.10           1.91           1.01           0.12           5.13           12.57           99.16           9           268           12           49           10           18           13           16	J.33           IM-17           50.78           1.50           17.20           5.45           1.90           0.13           2.94           5.35           2.394           5.35           2.394           0.82           0.12           3.711           6.25           98.54           <4	IM-18           52.67           4.04           14.32           10.92           0.69           0.22           3.55           3.27           2.06           1.69           0.12           1.63           3.58           98.76           4           458           23           73           19           73           9	IM-19           49.60           0.94           16.42           5.08           1.32           0.19           1.43           1.76           1.82           0.22           4.81           13.97           99.38           8           406           12           42           36           21           22           10	IM-20           53.54           0.89           17.66           2.21           3.02           0.12           1.91           4.63           2.39           1.15           0.11           3.47           5.62           96.72           5           325           10           59           18           19           11           20	IM-21           47.16           1.70           15.60           3.16           4.43           0.21           1.46           2.66           1.67           1.23           0.18           5.59           13.68           98.73           18           319           16           39           12           19           22           13	INCL           IM-22           49.69           1.23           18.72           4.36           2.42           0.17           1.33           1.88           2.14           2.30           0.21           3.754           11.34           482           13           38           20           24           27           15	Ho           IM-23           46.27           1.35           16.45           4.67           2.44           0.15           2.01           2.39           1.35           1.08           0.17           5.44           15.71           99.48           8           406           20           101           18           20           16           28	IM-24           IM-24           49.62           1.82           17.34           6.73           1.43           0.15           2.48           2.62           1.74           1.68           0.18           4.04           8.63           98.46           6           442           18           49           20           21           35           15
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Zr           SiO <sub>2</sub> (wt.%)           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           MgO           CaO           Na <sub>2</sub> O           K <sub>2</sub> O           P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> H <sub>2</sub> O <sup>*</sup> Total           As(ppm)           Ba           Co           Cr           Ga           Nb           Ni	435           IM-13           55.63           0.55           18.64           3.11           2.14           7.61           99.52           6           405           10           19           11           22           17           8           24	b61           IM-14           52.11           1.07           16.53           5.58           2.42           0.20           2.99           2.504           2.029           2.99           1.56           2.04           0.26           2.83           10.11           99.99           5           364           20           49           62           19           17           20           71	JJJ           IM-15           52.36           0.53           20.49           3.99           1.65           0.35           1.03           1.78           2.33           2.64           0.21           2.84           9.55           99.75           8           361           11           35           16           24           18           14           31	J03           IM-16           49.47           1.20           16.02           3.13           2.63           0.12           1.75           4.10           1.91           1.01           0.12           5.13           12.57           99.16           9           268           12           49           10           18           13           16           23	J.33           IM-17           50.78           1.50           1.70           5.45           1.90           1.32           2.94           5.35           2.39           0.13           2.94           5.35           2.39           0.82           0.12           3.71           6.25           98.54           275           18           80           8           19           14           22           12	IM-18           52.67           4.04           14.32           10.92           0.69           0.22           3.55           3.27           2.06           1.63           3.58           98.76           4           458           23           5           19           73           9           16	IM-19           49.60           0.94           16.42           5.08           1.32           0.19           1.43           1.76           1.82           0.22           4.81           13.97           99.38           8           406           12           42           36           21           22           19           24	INJ           IM-20           53.54           0.89           17.66           2.21           3.02           0.12           1.91           4.63           2.39           1.15           0.11           3.47           5.62           96.72           5           325           10           59           18           19           11           20           14	IM-21           47.16           1.70           15.60           3.16           4.43           0.21           1.46           2.66           1.67           1.23           0.18           5.59           13.68           98.73           18           319           16           39           12           19           22           13           21	IN-22           49.69           1.23           18.72           4.36           2.42           0.17           1.33           1.88           2.14           2.30           0.21           3.75           11.34           99.54           14           482           13           38           20           24           27           15           28	Hold           IM-23           46.27           1.35           16.45           4.67           2.44           0.15           2.01           2.39           1.35           1.08           0.17           5.44           15.71           99.48           8           406           20           101           18           20           16           28           22	IM-24           49.62           1.82           17.34           6.73           1.43           0.15           2.48           2.62           1.74           1.68           0.18           4.04           8.63           98.46           6           442           18           49           20           21           35           15           21
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Zr           Sample No.           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           CaO           Na <sub>2</sub> O           K <sub>2</sub> O           P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> H <sub>2</sub> O'           H <sub>2</sub> O'           Total           As(ppm)           Ba           Co           Cr           Cu           Ga           Nb           Ni           Pb	435           IM-13           55.63           0.55           18.64           3.11           2.14           0.14           1.17           2.43           2.96           2.88           0.12           2.14           7.61           99.52           6           405           10           19           11           22           17           8           24           122	b61           IM-14           52.11           1.07           16.53           5.58           2.42           0.20           2.29           2.99           2.99           1.56           2.04           0.26           2.83           10.11           99.99           5           364           20           17           20           71           80	J.J.J           IM-15           52.36           0.73           20.49           3.99           1.65           0.35           1.03           1.75           2.33           2.64           0.21           2.83           2.64           9.55           99.75           8           361           11           35           16           24           18           14           31	Jog           IM-16           49.47           1.20           16.02           3.13           2.63           0.12           1.75           4.10           1.91           1.01           0.12           5.13           12.57           99.16           9           268           12           49           10           18           13           16           23           42	IM-17           50.78           1.50           1.50           1.7.20           5.45           1.90           0.13           2.94           5.35           2.39           0.82           0.12           3.711           6.25           98.54           <4	IM-18         52.67           4.04         14.32           10.92         0.69           0.22         3.55           3.27         2.06           1.69         0.12           1.63         3.58           98.76         4           458         23           73         5           19         73           9         16           52         23	IM-19           49.60           0.94           16.42           5.08           1.32           0.19           1.43           1.76           1.82           0.22           4.81           13.97           99.38           8           406           12           42           36           21           22           19           24           80	IM-20           IM-20           53,54           0.89           17.66           2.21           3.02           0.12           1.91           4.63           2.39           1.15           0.11           3.47           5.62           96.72           5           325           10           59           18           19           11           20           14           42	IM-21           47.16           1.70           15.60           3.16           4.43           0.21           1.46           2.66           1.67           1.23           0.18           5.59           13.68           98.73           18           319           16           39           12           19           22           13           21           25	INCL           IM-22           49.69           1.23           18.72           4.36           2.42           0.17           1.33           1.88           2.14           2.30           0.21           3.75           11.34           99.54           14           482           13           38           20           24           15           28           102	IM-23           IM-23           46.27           1.35           16.45           4.67           2.44           0.15           2.01           2.35           1.08           0.17           5.44           15.71           99.48           8           406           20           101           18           20           16           28           22           53	IM-24           IM-24           49.62           1.82           17.34           6.73           1.43           0.15           2.48           2.62           1.74           1.68           0.15           2.48           2.62           1.74           1.68           0.14           8.63           98.46           6           442           18           49           20           21           35           15           21           72
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Zr           Sample No.           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           CaO           Na <sub>2</sub> O           K <sub>2</sub> O           P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> H <sub>2</sub> O'           Total           As(ppm)           Ba           Co           Cr           Cu           Ga           Nb           Ni           Pb           Rb	435           IM-13           55.63           0.55           18.64           3.11           2.14           0.14           1.17           2.43           2.96           0.12           2.14           7.61           99.52           6           405           10           19           11           22           17           8           24           224           240	b61           IM-14           52.11           1.07           16.53           5.58           2.42           0.20           2.99           1.56           2.04           0.26           2.04           0.26           2.83           10.11           99.99           5           364           20           49           62           19           17           20           71           89           600	JJJ           IM-15           52.36           0.53           20.49           3.09           1.65           0.35           1.03           1.78           2.33           2.64           0.21           2.85           99.75           8           361           11           35           16           24           18           14           31           144           70	Jog           IM-16           49.47           1.20           16.02           3.13           2.63           0.12           1.75           4.10           1.91           1.01           0.12           5.13           12.57           99.16           9           268           12           49           10           18           13           16           23           430	IM-17           50.78           1.50           1.720           5.45           1.90           1.31           2.94           5.35           2.39           0.82           0.12           3.711           6.255           98.54           <4	IM-18         52.67           4.04         14.32           10.92         0.69           0.22         3.55           3.27         2.06           1.69         0.12           1.63         3.58           98.76         4           458         23           73         5           19         73           73         9           16         52           116         52	IM-19           49.60           0.94           16.42           5.08           1.32           0.19           1.43           1.76           1.82           0.22           4.81           1.327           99.38           8           406           12           42           36           21           22           19           24           80           612	IM-20           53.54           0.89           17.66           2.21           3.02           0.12           1.91           4.63           2.39           1.15           0.11           3.47           5           325           10           59           18           19           11           20           14           42           254	IM-21           47.16           1.70           15.60           3.16           4.43           0.21           1.46           2.66           1.67           1.23           0.18           5.59           13.68           98.73           18           319           16           39           12           19           22           13           21           561	INCL           IM-22           49.69           1.23           18.72           4.36           2.42           0.17           1.33           1.88           2.14           2.30           0.21           3.75           11.34           99.54           14           482           13           38           20           24           27           15           28           102           2418	Ho           IM-23           46.27           1.35           16.45           4.67           2.44           0.15           2.01           2.39           1.35           1.08           0.17           5.44           15.71           99.48           8           406           20           101           18           20           16           28           22           53	IM-24           IM-24           49.62           1.82           17.34           6.73           1.43           0.15           2.48           2.62           1.74           1.68           0.18           4.04           8.63           98.46           6           442           18           4.04           1.8           98.46           15           21           35           15           21           72           314
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Zr           Sample No.           SiO <sub>2</sub> (wt.%)           TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O           MnO           MgO           CaO           Na <sub>3</sub> O           K <sub>2</sub> O           P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> Total           As(ppm)           Ba           Co           Cr           Ga           Nb           Ni           Pb           Rb           Sr	435           IM-13           55.63           0.55           18.64           3.11           2.14           0.17           2.43           2.96           0.12           2.14           7.61           99.52           6           405           10           19           22           17           8           24           122           24           122           24	b61           IM-14           52.11           1.07           16.53           5.58           2.42           0.20           2.99           1.56           2.04           0.26           2.04           0.26           2.83           10.11           99.99           5           364           20           49           62           19           17           20           71           89           600           138	JJJ           IM-15           52.36           0.53           20.49           3.99           1.65           0.35           1.03           1.78           2.33           2.64           0.21           2.84           9.55           8           361           11           35           16           24           18           14           31           144           479           131	J03           IM-16           49.47           1.20           16.02           3.13           2.63           0.12           1.75           4.10           1.91           1.01           0.12           5.13           12.57           99.16           9           268           12           49           10           18           13           16           23           43           439           284	J.33           IM-17           50.78           1.50           1.720           5.45           1.90           17.20           5.45           1.90           2.94           5.35           2.39           0.82           0.12           3.711           6.25           98.54           <4	IM-18           52.67           4.04           14.32           10.92           0.69           0.22           3.55           3.27           2.06           1.69           0.12           1.63           3.58           98.76           4           458           23           73           9           16           52           116           52           116           52           116	IM-19           49.60           0.94           16.42           5.08           1.32           0.19           1.43           1.76           1.82           0.22           4.81           13.97           99.38           8           406           12           42           36           21           22           19           24           80           612           166	IM-20           53.54           0.89           17.66           2.21           3.02           0.12           1.91           4.63           2.39           1.15           0.11           3.47           5.62           96.72           5           325           10           59           18           19           11           20           14           42           254           376	IM-21           47.16           1.70           15.60           3.16           4.43           0.21           1.46           2.66           1.67           1.23           0.18           5.59           13.68           98.73           18           319           16           39           12           19           22           13           21           56           561           561           561           561           561           561           561           561           561           561           561           561           561	IN-22           49.69           1.23           18.72           4.36           2.42           0.17           1.33           1.88           2.14           2.30           0.21           3.75           11.34           99.54           14           482           13           38           20           24           27           15           28           102           418           179	Ho           IM-23           46.27           1.35           16.45           4.67           2.44           0.15           2.01           2.39           1.35           1.08           0.17           5.44           15.71           99.48           8           406           20           101           18           20           16           28           22           53           523           523           523           523           523           523           523           523	IM-24           IM-24           49.62           1.82           17.34           6.73           1.43           0.15           2.48           2.62           1.74           1.68           0.15           2.48           2.62           1.74           1.68           0.18           4.04           8.63           98.46           6           442           18           49           20           21           35           15           21           72           314           193
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Zr           Sample No.           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> F <sub>2</sub> O <sub>3</sub> H <sub>2</sub> O <sup>3</sup> H <sub>2</sub> O <sup>3</sup> H <sub>2</sub> O <sup>3</sup> H <sub>2</sub> O <sup>3</sup> Co           Cr           Ga           Nb           Ni           Pb           Rb           S           Sr           Tb	435           IM-13           55.63           0.55           18.64           3.11           2.14           1.17           2.43           2.96           0.12           2.14           7.61           99.52           6           405           10           19           11           222           17           8           24           122           249           174	b61           IM-14           52.11           1.07           16.53           5.58           2.42           0.20           2.99           1.56           2.024           0.20           2.99           1.56           2.04           0.26           2.83           10.11           99.99           5           364           20           49           62           19           17           20           71           89           600           138           11	J.J.J           IM-15           52.36           0.33           20.49           3.99           1.65           0.33           1.78           2.33           1.78           2.33           2.64           0.21           2.84           99.75           8           361           11           35           16           24           18           144           479           131           20	J03           IM-16           49.47           1.20           16.02           3.13           2.63           0.12           1.75           4.10           1.91           1.01           0.12           5.13           12.57           99.16           9           268           12           49           10           18           13           16           23           43           439           284           6	J.33           IM-17           50.78           1.50           1.70           5.45           1.90           17.20           5.45           1.90           1.32           2.94           5.35           2.39           0.13           2.94           5.35           2.39           0.82           0.12           3.71           6.25           98.54           <4	IM-18         52.67           4.04         14.32           10.92         0.69           0.22         3.55           3.27         2.06           1.69         0.12           1.63         3.58           98.76         4           458         23           73         5           19         73           9         16           52         116           2116         211	IM-19           149.60           0.94           16.42           5.08           1.32           0.19           1.43           1.76           1.82           0.22           4.81           13.97           99.38           8           406           12           42           36           21           22           19           24           80           612           1661           11	IM-20           IM-20           53.54           0.89           17.66           2.21           3.02           0.12           1.91           4.63           2.39           1.15           0.11           3.47           5.62           96.72           5           325           10           59           18           19           11           20           14           42           254           376           7	IM-21           47.16           1.70           15.60           3.16           4.43           0.21           1.46           2.66           1.67           1.23           0.18           5.59           13.68           98.73           18           319           16           39           12           19           22           13           21           56           561           189	IN-22           49.69           1.23           18.72           4.36           2.42           0.17           1.33           1.88           2.14           2.30           0.21           3.75           11.34           99.54           14           482           13           38           20           24           27           15	Ho           IM-23           46.27           1.35           16.45           4.67           2.44           0.15           2.01           2.39           1.35           1.08           0.17           5.44           15.71           99.48           8           406           20           101           18           20           16           28           22           53           523           203           523           8	IM-24           IM-24           49.62           1.82           17.34           6.73           1.43           0.15           2.48           2.62           1.74           1.68           0.15           2.48           2.62           1.74           1.68           0.18           4.04           8.63           98.46           6           442           18           49           20           21           35           15           21           35           15           21           314           193           11
Zn         108         369         131         93         90         143         137         101         131         151         116         142           Zr         989         787         351         155         143         1136         433         144         441         651         251         591	Zr           Sample No.           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           CaO           Na <sub>2</sub> O           K <sub>2</sub> O           P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> H <sub>2</sub> O'           Total           As(ppm)           Ba           Co           Cr           Cu           Ga           Nb           Ni           Pb           S           Sr           Th           V	435           IM-13           55.63           0.55           18.64           3.11           2.14           0.14           1.17           2.43           2.96           0.12           2.18           0.12           2.16           7.61           99.52           6           405           10           19           11           22           17           8           24           122           249           174           14           71	b61           IM-14           52.11           1.07           16.53           5.58           2.42           0.20           2.29           2.99           2.99           1.96           2.04           0.26           2.83           10.11           99.99           5           364           20           71           89           600           138           11           145	J.J.J           IM-15           52.36           0.73           20.49           3.99           1.65           0.35           1.03           1.73           2.64           0.21           2.83           2.64           0.21           2.84           9.55           99.75           8           361           11           35           16           24           18           14           31           144           31           20           64	Jog           IM-16           49.47           1.20           16.02           3.13           2.63           0.12           1.75           4.10           1.91           1.01           0.12           5.13           1.257           99.16           9           268           12           49           10           18           13           16           23           439           284           6           104	J.33           IM-17           50.78           1.50           1.720           5.45           1.90           1.32           2.94           5.35           2.39           0.82           0.12           3.711           6.25           98.54           <4	IM-18         52.67           4.04         14.32           10.92         0.69           0.22         3.55           3.27         2.06           1.69         0.12           1.69         0.12           1.63         3.58           98.76         4           458         23           73         5           19         73           9         16           521         116           211         9           9         227	IM-19           49.60           0.94           16.42           5.08           1.32           0.19           1.43           1.76           1.82           0.22           4.81           13.97           99.38           8           406           12           42           36           21           22           19           24           80           612           166           11           79	IM-20           IM-20           53.54           0.89           17.66           2.21           3.02           0.12           1.91           4.63           2.39           1.15           0.11           3.47           5.62           96.72           5           325           10           59           18           19           11           20           14           42           376           7           105	IM-21           47.16           1.70           15.60           3.16           4.43           0.21           1.46           2.66           1.67           1.23           0.18           5.59           13.68           98.73           18           319           16           39           12           19           22           13           21           56           561           189           9           107	INCL           IM-22           49.69           1.23           18.72           4.36           2.42           0.17           1.33           1.88           2.14           2.30           0.21           3.75           11.34           99.54           14           482           13           38           20           24           15           28           102           418           179           15           100	IM-23           IM-23           46.27           1.35           16.45           4.67           2.44           0.15           2.01           2.35           1.08           0.17           5.44           15.71           99.48           8           406           20           101           18           20           101           18           20           16           28           22           53           523           205           8           139	IM-24           IM-24           49.62           1.82           17.34           6.73           1.43           0.15           2.48           2.62           1.74           1.68           0.15           2.48           2.62           1.74           1.68           0.18           4.04           8.63           98.46           6           442           18           49           20           21           35           15           21           35           15           21           72           314           193           11           147
Zr 989 787 351 155 143 1136 433 144 441 651 251 591	Zr           Sample No.           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           CaO           Na <sub>2</sub> O           K <sub>2</sub> O           P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> H <sub>2</sub> O'           Total           As(ppm)           Ba           Co           Cr           Cu           Ga           Nb           Ni           Pb           Rb           Sr           Th           V           Y	435           IM-13           55.63           0.55           18.64           3.11           2.14           0.14           1.17           2.43           2.96           0.12           2.14           7.61           99.52           6           405           10           19           11           22           405           10           19           11           22           24           122           249           174           14           71           41	b61           IM-14           52.11           1.07           16.53           5.58           2.42           0.20           2.99           1.56           2.04           0.26           2.04           0.26           2.04           0.26           2.03           10.11           99.99           5           364           20           49           62           19           17           20           71           89           600           138           11           145           36	J.J.J           IM-15           52.36           0.49           3.99           1.65           0.35           1.03           1.78           2.33           2.64           0.21           2.85           99.75           8           361           11           35           16           24           18           14           31           124           31           20           64           47	Jog           IM-16           49.47           1.20           16.02           3.13           2.63           0.12           1.75           4.10           1.91           1.01           0.12           5.13           12.57           99.16           9           268           12           49           10           18           13           16           23           439           284           6           104	J.33           IM-17           50.78           1.50           1.720           5.45           1.90           1.32           2.94           5.35           2.39           0.82           0.12           3.71           6.25           98.54           <4	IM-18           1M-18           52.67           4.04           14.32           10.92           0.69           0.22           3.55           3.27           2.06           1.69           0.12           1.63           3.58           98.76           4           458           23           73           9           16           52           116           211           9           227	IM-19           49.60           0.94           16.42           5.08           1.32           0.19           1.43           1.76           1.82           0.22           4.81           1.327           99.38           8           406           12           42           36           21           22           19           24           80           612           166           11           79           25	$\begin{array}{c} 100 \\ \hline \text{IM-20} \\ \hline \text{S3.54} \\ 0.89 \\ 17.66 \\ 2.21 \\ 3.02 \\ 0.12 \\ 1.91 \\ 4.63 \\ 2.39 \\ 1.15 \\ 0.11 \\ 3.47 \\ 5.62 \\ 96.72 \\ \hline \\ 59 \\ 1.15 \\ 0.11 \\ 3.47 \\ 5.62 \\ 96.72 \\ \hline \\ 59 \\ 18 \\ 19 \\ 11 \\ 20 \\ 14 \\ 42 \\ 254 \\ 376 \\ 7 \\ 105 \\ 15 \\ \end{array}$	IM-21           47.16           1.70           15.60           3.16           4.43           0.21           1.46           2.66           1.67           1.23           0.18           5.59           98.73           18           319           16           39           12           19           22           13           21           56           561           189           9           107           23	INCL           IM-22           49.69           1.23           18.72           4.36           2.42           0.17           1.33           1.88           2.14           2.30           0.21           3.75           11.34           99.54           14           482           13           20           24           27           15           28           102           418           179           15           100           30	40.2           IM-23           46.27           1.35           16.45           4.67           2.44           0.15           2.01           2.39           1.35           1.08           0.17           5.44           15.71           99.48           8           406           20           101           18           20           16           28           22           53           523           205           8           139	IM-24           IM-24           49.62           1.82           17.34           6.73           1.43           0.15           2.48           2.62           1.74           1.68           0.15           2.48           2.62           1.74           1.68           0.18           4.04           8.63           98.46           6           442           18           49           20           21           35           15           21           72           314           193           11           147           30
	Zr           Sample No.           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> Fe <sub>2</sub> O           MnO           MgO           CaO           Na <sub>2</sub> O           K <sub>2</sub> O           P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> H <sub>2</sub> O'           Total           As(ppm)           Ba           Co           Cr           Cu           Ga           Nb           Ni           Pb           Rb           Sr           Th           V           Y           Zn	435           IM-13           55.63           0.55           18.64           3.11           2.14           0.12           2.88           0.12           2.14           7.61           99.52           6           405           10           19           11           22           17           8           24           122           244           122           174           14           71           41           108	b61           IM-14           52.11           1.07           16.53           5.58           2.42           0.20           2.99           2.56           2.04           0.26           2.83           10.11           99.99           5           364           20           49           62           19           17           20           71           89           600           138           11           145           369	JJJ           IM-15           52.36           0.33           20.49           3.99           1.65           0.35           1.03           1.78           2.33           2.64           0.21           2.85           99.75           8           361           11           35           16           24           18           14           31           144           47           131	J03           IM-16           49.47           1.20           16.02           3.13           2.63           0.12           1.75           4.10           1.91           1.01           0.12           5.13           12.57           99.16           9           268           12           49           10           18           13           16           23           43           439           284           6           104           14           93	J.33           IM-17           50.78           1.50           1.720           5.45           1.90           17.20           5.45           1.90           0.13           2.94           5.35           2.39           0.82           0.12           3.711           6.255           98.54           <4	IM-18           52.67           4.04           14.32           10.92           0.69           0.22           3.55           3.27           2.06           1.69           0.12           1.63           3.58           98.76           4           458           23           73           5           19           73           9           16           52           116           211           9           227           37           143	IM-19           49.60           0.94           16.42           5.08           1.32           0.19           1.43           1.76           1.82           0.22           4.81           13.97           99.38           8           406           12           42           36           21           22           19           24           80           612           166           11           79           25           137	IM-20           53.54           0.89           17.66           2.21           3.02           0.12           1.91           4.63           2.39           1.15           0.11           3.47           5           325           10           59           18           19           11           20           14           42           254           376           7           105           101	IM-21           47.16           1.70           15.60           3.16           4.43           0.21           1.46           2.667           1.63           0.18           5.59           13.68           98.73           18           319           16           39           12           19           22           13           21           56           561           189           9           107           23           131	IN-22           49.69           1.23           18.72           4.36           2.42           0.17           1.33           1.88           2.14           2.30           0.21           3.75           11.34           99.54           14           482           13           38           20           24           27           15           102           418           179           15           100           30           151	46.2           IM-23           46.27           1.35           16.45           4.67           2.44           0.15           2.01           2.39           1.35           1.08           0.17           5.44           1.5.71           99.48           8           406           20           101           18           20           16           28           22           53           523           205           8           139           116	IM-24           IM-24           49.62           1.82           17.34           6.73           1.43           0.15           2.48           2.62           1.74           1.68           0.15           2.48           2.62           1.74           1.68           0.18           4.04           8.63           98.46           6           442           18           49           20           21           35           15           21           72           314           193           11           147           30           142

**Appendix 2.** Whole-rock chemical compositions of stream sediments in the Ima River and Harai River.

Appendix 2. (continued)

Sample No.	IM-25	IM-26	IM-27	IM-28	IM-29	IM-30	IM-31	IM-32	IM-33	IM-34	IM-35	IM-36
SiO <sub>2</sub> (wt.%)	52.81	52.83	49.45	45.49	44.14	43.42	47.29	54.53	53.78	54.08	56.98	52.51
TiO <sub>2</sub>	1.58	1.02	1.00	1.13	0.97	0.70	1.06	0.75	0.60	0.57	0.86	0.88
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.93	15.72	20.00	16.23	15.01	14.31	14.97	19.33	20.11	17.32	14.67	16.14
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.66	4.86	4.97	4.41	3.61	2.49	4.54	3.23	3.90	3.02	4.00	3.29
FeO	2.08	2.91	2.22	2.10	2.64	2.46	2.06	1.91	1.26	2.07	2.09	2.35
MnO	0.13	0.17	0.17	2.64	0.12	0.11	0.11	0.14	0.14	0.14	0.14	0.21
MgO	1.79	2.85	0.65	2.19	2.59	1.88	2.38	1.08	1.07	1.26	2.22	1.45
CaO	2.44	3.29	0.74	3.55	4.07	3.95	4.53	2.06	2.38	2.84	1 58	1.04
Na <sub>2</sub> O	2.40	2.27	1.15	1.58	1.71	1.62	1.90	2.32	2.52	2.98	1.60	1.87
K.O	2.11	1.68	1 78	0.95	0.85	0.79	0.77	2.87	3.00	2.75	1 99	2 77
P.O.	0.14	0.14	0.18	0.18	0.19	0.21	0.17	0.11	0.16	0.20	0.12	0.13
H.O:	3 48	2.62	4 33	6 59	5.82	7 18	6 94	3.85	3 72	2.84	3.40	4 65
H_2O	8 3 2	9.64	12.68	13.15	18.05	20.02	12.56	8 27	7.41	8.66	9.40 8.48	4.05
Total	98.87	100.00	99.32	100.19	99.77	99.32	99.28	100.45	100.05	98.73	08.13	08 30
		100.00		100.17	,,,,,	<i>)).32</i>	<i>)).20</i>	100.45	100.05	70.75	70.15	90.59
As(ppm)	7	13	6	6	5	4	<4	9	7	8	13	14
Ba	403	382	377	325	292	291	288	563	571	460	408	562
Co	13	24	20	17	18	13	20	11	11	11	18	17
Cr	32	114	62	82	94	55	77	34	26	23	89	58
Cu	12	35	12	19	21	17	17	13	15	12	35	31
Ga	22	18	24	18	18	16	17	21	21	19	18	21
Nb	31	16	19	15	11	11	12	19	19	20	12	19
Ni	12	50	21	25	31	22	28	13	12	14	53	36
Pb	21	20	25	22	33	16	21	27	27	26	22	29
Rb	84	81	94	41	33	34	28	99	112	112	101	120
S	260	319	430	543	796	743	538	282	280	262	233	336
Sr	209	179	77	262	323	332	371	174	185	196	142	114
Th	13	7	15	6	5	4	4	12	14	13	10	26
v	106	137	113	132	134	94	145	71	74	74	101	94
Y	28	32	29	18	15	14	15	28	39	46	31	52
Zn	113	125	113	128	163	84	106	100	104	96	109	126
Zr	556	285	352	192	135	110	111	862	1041	1193	262	422
Sample No.	IM-37	IM-38	IM-39	IM-40	IM-41	IM-42	IM-43	IM-44	IM-45	IM-46	IM-47	IM-48
Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%)	IM-37 56.49	IM-38 54.36	IM-39 48.40	IM-40 49.64	IM-41 49.95	IM-42 50.25	IM-43 49.79	IM-44 51.26	IM-45 51.94	IM-46 54.98	IM-47 52.32	IM-48 52.22
Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub>	IM-37 56.49 0.50	IM-38 54.36 0.69	IM-39 48.40 0.84	IM-40 49.64 1.60	IM-41 49.95 0.97	IM-42 50.25 2.15	IM-43 49.79 3.37	IM-44 51.26 1.63	IM-45 51.94 1.04	IM-46 54.98 1.81	IM-47 52.32 0.63	IM-48 52.22 0.58
Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	IM-37 56.49 0.50 18.89	IM-38 54.36 0.69 16.36	IM-39 48.40 0.84 17.88	IM-40 49.64 1.60 16.13	IM-41 49.95 0.97 17.04	IM-42 50.25 2.15 17.93	IM-43 49.79 3.37 16.40	IM-44 51.26 1.63 17.71	IM-45 51.94 1.04 17.75	IM-46 54.98 1.81 16.13	IM-47 52.32 0.63 15.51	IM-48 52.22 0.58 17.70
Sample No. 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>	IM-37 56.49 0.50 18.89 3.26	IM-38 54.36 0.69 16.36 3.29	IM-39 48.40 0.84 17.88 5.08	IM-40 49.64 1.60 16.13 8.53	IM-41 49.95 0.97 17.04 4.12	IM-42 50.25 2.15 17.93 6.81	IM-43 49.79 3.37 16.40 7.92	IM-44 51.26 1.63 17.71 5.08	IM-45 51.94 1.04 17.75 4.77	IM-46 54.98 1.81 16.13 5.65	IM-47 52.32 0.63 15.51 2.73	IM-48 52.22 0.58 17.70 5.36
$\begin{tabular}{ c c c c c }\hline Sample No.\\ \hline SiO_2(wt.\%)\\ TiO_2\\ Al_2O_3\\ Fe_2O_3\\ FeO\\ FeO\\ \hline \end{tabular}$	IM-37 56.49 0.50 18.89 3.26 1.33	IM-38 54.36 0.69 16.36 3.29 2.65	IM-39 48.40 0.84 17.88 5.08 2.30	IM-40 49.64 1.60 16.13 8.53 2.08	IM-41 49.95 0.97 17.04 4.12 2.47	IM-42 50.25 2.15 17.93 6.81 2.40	IM-43 49.79 3.37 16.40 7.92 2.95	IM-44 51.26 1.63 17.71 5.08 3.16	IM-45 51.94 1.04 17.75 4.77 2.48	IM-46 54.98 1.81 16.13 5.65 2.09	IM-47 52.32 0.63 15.51 2.73 2.72	IM-48 52.22 0.58 17.70 5.36 2.09
Sample No. 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	IM-37 56.49 0.50 18.89 3.26 1.33 0.10	IM-38 54.36 0.69 16.36 3.29 2.65 0.16	IM-39 48.40 0.84 17.88 5.08 2.30 0.16	IM-40 49.64 1.60 16.13 8.53 2.08 0.17	IM-41 49.95 0.97 17.04 4.12 2.47 0.14	IM-42 50.25 2.15 17.93 6.81 2.40 0.21	IM-43 49.79 3.37 16.40 7.92 2.95 0.28	IM-44 51.26 1.63 17.71 5.08 3.16 0.19	IM-45 51.94 1.04 17.75 4.77 2.48 0.16	IM-46 54.98 1.81 16.13 5.65 2.09 0.20	IM-47 52.32 0.63 15.51 2.73 2.72 0.11	IM-48 52.22 0.58 17.70 5.36 2.09 0.13
Sample No. 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	IM-37 56.49 0.50 18.89 3.26 1.33 0.10 0.93	IM-38 54.36 0.69 16.36 3.29 2.65 0.16 2.66	IM-39 48.40 0.84 17.88 5.08 2.30 0.16 2.43	IM-40 49.64 1.60 16.13 8.53 2.08 0.17 2.56	IM-41 49.95 0.97 17.04 4.12 2.47 0.14 1.94	IM-42 50.25 2.15 17.93 6.81 2.40 0.21 2.37	IM-43 49.79 3.37 16.40 7.92 2.95 0.28 2.70	IM-44 51.26 1.63 17.71 5.08 3.16 0.19 2.17	IM-45 51.94 1.04 17.75 4.77 2.48 0.16 2.23	IM-46 54.98 1.81 16.13 5.65 2.09 0.20 1.92	IM-47 52.32 0.63 15.51 2.73 2.72 0.11 1.16	IM-48           52.22           0.58           17.70           5.36           2.09           0.13           1.00
Sample No. 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 CaO	IM-37 56.49 0.50 18.89 3.26 1.33 0.10 0.93 1.85	IM-38 54.36 0.69 16.36 3.29 2.65 0.16 2.66 2.42	IM-39 48.40 0.84 17.88 5.08 2.30 0.16 2.43 2.44	IM-40 49.64 1.60 16.13 8.53 2.08 0.17 2.56 3.04	IM-41 49.95 0.97 17.04 4.12 2.47 0.14 1.94 2.85	IM-42 50.25 2.15 17.93 6.81 2.40 0.21 2.37 3.24	IM-43 49.79 3.37 16.40 7.92 2.95 0.28 2.70 3.39	IM-44 51.26 1.63 17.71 5.08 3.16 0.19 2.17 3.47	IM-45 51.94 1.04 17.75 4.77 2.48 0.16 2.23 3.35	IM-46 54.98 1.81 16.13 5.65 2.09 0.20 1.92 2.55	IM-47 52.32 0.63 15.51 2.73 2.72 0.11 1.16 1.82	IM-48           52.22           0.58           17.70           5.36           2.09           0.13           1.00           1.82
Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> FeO MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O	IM-37 56.49 0.50 18.89 3.26 1.33 0.10 0.93 1.85 2.98	IM-38 54.36 0.69 16.36 3.29 2.65 0.16 2.66 2.42 2.43	IM-39 48.40 0.84 17.88 5.08 2.30 0.16 2.43 2.44 1.61	IM-40 49.64 1.60 16.13 8.53 2.08 0.17 2.56 3.04 1.97	IM-41 49.95 0.97 17.04 4.12 2.47 0.14 1.94 2.85 2.37	IM-42 50.25 2.15 17.93 6.81 2.40 0.21 2.37 3.24 2.09	IM-43 49.79 3.37 16.40 7.92 2.95 0.28 2.70 3.39 1.73	IM-44 51.26 1.63 17.71 5.08 3.16 0.19 2.17 3.47 2.46	IM-45 51.94 1.04 17.75 4.77 2.48 0.16 2.23 3.35 2.52	IM-46 54.98 1.81 16.13 5.65 2.09 0.20 1.92 2.55 2.29	IM-47 52.32 0.63 15.51 2.73 2.72 0.11 1.16 1.82 2.14	IM-48           52.22           0.58           17.70           5.36           2.09           0.13           1.00           1.82           2.43
Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> FeO MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O	IM-37 56.49 0.50 18.89 3.26 1.33 0.10 0.93 1.85 2.98 3.44	IM-38 54.36 0.69 16.36 3.29 2.65 0.16 2.66 2.42 2.43 2.64	IM-39 48.40 0.84 17.88 5.08 2.30 0.16 2.43 2.44 1.61 2.15	IM-40 49.64 1.60 16.13 8.53 2.08 0.17 2.56 3.04 1.97 1.86	IM-41 49.95 0.97 17.04 4.12 2.47 0.14 1.94 2.85 2.37 2.02	IM-42 50.25 2.15 17.93 6.81 2.40 0.21 2.37 3.24 2.09 1.97	IM-43 49.79 3.37 16.40 7.92 2.95 0.28 2.70 3.39 1.73 2.04	IM-44 51.26 1.63 17.71 5.08 3.16 0.19 2.17 3.47 2.46 2.08	IM-45           51.94           1.04           17.75           4.77           2.48           0.16           2.23           3.35           2.52           2.02	IM-46           54.98           1.81           16.13           5.65           2.09           0.20           1.92           2.55           2.29           2.77	IM-47 52.32 0.63 15.51 2.73 2.72 0.11 1.16 1.82 2.14 2.67	IM-48           52.22           0.58           17.70           5.36           2.09           0.13           1.00           1.82           2.43           2.83
Sample No.           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           CaO           Na <sub>2</sub> O           K <sub>2</sub> O           P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	IM-37 56.49 0.50 18.89 3.26 1.33 0.10 0.93 1.85 2.98 3.44 0.08	IM-38 54.36 0.69 16.36 3.29 2.65 0.16 2.66 2.42 2.43 2.64 0.11	IM-39 48.40 0.84 17.88 5.08 2.30 0.16 2.43 2.44 1.61 2.15 0.14	IM-40 49.64 1.60 16.13 8.53 2.08 0.17 2.56 3.04 1.97 1.86 0.09	IM-41           49.95           0.97           17.04           4.12           2.47           0.14           1.94           2.85           2.37           2.02           0.13	IM-42 50.25 2.15 17.93 6.81 2.40 0.21 2.37 3.24 2.09 1.97 0.16	IM-43 49.79 3.37 16.40 7.92 2.95 0.28 2.70 3.39 1.73 2.04 0.13	IM-44 51.26 1.63 17.71 5.08 3.16 0.19 2.17 3.47 2.46 2.08 0.13	IM-45           51.94           1.04           17.75           4.77           2.48           0.16           2.23           3.35           2.52           2.02           0.10	IM-46           54.98           1.81           16.13           5.65           2.09           0.20           1.92           2.55           2.29           2.77           0.11	IM-47 52.32 0.63 15.51 2.73 2.72 0.11 1.16 1.82 2.14 2.67 0.22	IM-48           52.22           0.58           17.70           5.36           2.09           0.13           1.00           1.82           2.43           2.83           0.39
Sample No.           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> Fe <sub>2</sub> O           MnO           MgO           CaO           Na <sub>2</sub> O           K <sub>2</sub> O           P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> H <sub>2</sub> O	IM-37 56.49 0.50 18.89 3.26 1.33 0.10 0.93 1.85 2.98 3.44 0.08 2.58	IM-38 54.36 0.69 16.36 3.29 2.65 0.16 2.66 2.42 2.43 2.64 0.11 2.83	IM-39           48.40           0.84           17.88           5.08           2.30           0.16           2.43           1.61           2.15           0.14           3.60	IM-40 49.64 1.60 16.13 8.53 2.08 0.17 2.56 3.04 1.97 1.86 0.09 2.91	IM-41 49.95 0.97 17.04 4.12 2.47 0.14 1.94 2.85 2.37 2.02 0.13 5.64	IM-42           50.25           2.15           17.93           6.81           2.40           0.21           2.37           3.24           2.09           1.97           0.16           2.44	IM-43           49.79           3.37           16.40           7.92           2.95           0.28           2.70           3.39           1.73           2.04           0.13           2.18	IM-44 51.26 1.63 17.71 5.08 3.16 0.19 2.17 3.47 2.46 2.08 0.13 2.37	IM-45           51.94           1.04           17.75           4.77           2.48           0.16           2.23           3.35           2.52           2.02           0.10           2.93	IM-46           54.98           1.81           16.13           5.65           2.09           0.20           1.92           2.55           2.29           2.77           0.11           2.25	IM-47           52.32           0.63           15.51           2.73           2.72           0.11           1.16           1.82           2.14           2.67           0.22           4.44	IM-48           52.22           0.58           17.70           5.36           2.09           0.13           1.00           1.82           2.43           2.83           0.39           3.55
Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>5</sub> FeO MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O <sub>5</sub> H <sub>2</sub> O	IM-37 56.49 0.50 18.89 3.26 1.33 0.10 0.93 1.85 2.98 3.44 0.08 2.58 6.08	IM-38           54.36           0.69           16.36           3.29           2.65           0.16           2.66           2.43           2.64           0.11           2.83           8.38	IM-39           48.40           0.84           17.88           5.08           2.30           0.16           2.43           2.44           1.61           2.15           0.14           3.60           13.14	IM-40           49.64           1.60           16.13           8.53           2.08           0.17           2.56           3.04           1.97           1.86           0.09           2.91           8.12	IM-41           49.95           0.97           17.04           4.12           2.47           0.14           1.94           2.85           2.37           2.02           0.13           5.64           10.33	IM-42           50.25           2.15           17.93           6.81           2.40           0.21           2.37           3.24           2.09           1.97           0.16           2.44           6.97	IM-43           49.79           3.37           16.40           7.92           2.95           0.28           2.70           3.39           1.73           2.04           0.13           2.18           6.09	IM-44           51.26           1.63           17.71           5.08           3.16           0.19           2.17           3.47           2.46           0.03           2.37           7.32	IM-45           51.94           1.04           1.77           2.48           0.16           2.23           3.35           2.52           0.10           2.93           7.60	IM-46           54.98           1.81           16.13           5.65           2.09           0.20           1.92           2.55           2.29           2.77           0.11           2.25           6.51	IM-47           52.32         0.63           15.51         2.73           2.72         0.11           1.16         1.82           2.14         2.67           0.22         4.44           12.53	IM-48           52.22           0.58           17.70           5.36           2.09           0.13           1.00           1.82           2.43           2.83           0.39           3.55           9.86
Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O, FeO MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O P <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> Total	IM-37 56,49 0.50 18.89 3.26 1.33 0.10 0.93 1.85 2.98 3.44 0.08 2.58 6.08 98.51	IM-38 54.36 0.69 16.36 3.29 2.65 0.16 2.66 2.42 2.43 2.64 0.11 2.83 8.38 98.98	IM-39           48.40           0.84           17.88           5.08           2.30           0.16           2.43           2.44           1.61           2.15           0.14           3.60           13.14           100.17	IM-40 49.64 1.60 16.13 8.53 2.08 0.17 2.56 3.04 1.97 1.86 0.09 2.91 8.12 98.70	IM-41 49.95 0.97 17.04 4.12 2.47 0.14 1.94 2.85 2.37 2.02 0.13 5.64 10.33 99.97	IM-42 50.25 2.15 17.93 6.81 2.40 0.21 2.37 3.24 2.09 1.97 0.16 2.44 6.97 98.99	IM-43           49,79           3.37           16.40           7.92           2.95           0.28           2.70           3.39           1.73           2.04           0.13           2.18           6.09           98.97	IM-44           51.26           1.63           17.71           5.08           3.16           0.19           2.17           3.47           2.46           2.08           0.13           2.37           7.32           99.03	IM-45           51.94           1.04           17.75           4.77           2.48           0.16           2.23           3.35           2.52           2.02           0.10           2.93           7.60           98.89	IM-46           54.98           1.81           16.13           5.65           2.09           0.20           1.92           2.55           2.29           2.77           0.11           2.255           6.51           99.26	IM-47 52.32 0.63 15.51 2.73 2.72 0.11 1.16 1.82 2.14 2.67 0.22 4.44 12.53 99.00	IM-48           52.22           0.58           17.70           5.36           2.09           0.13           1.00           1.82           2.43           2.83           0.39           3.55           9.86           99.96
Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> FeO MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O Total	IM-37 56.49 0.50 18.89 3.26 1.33 0.10 0.93 1.85 2.98 3.44 0.08 2.58 6.08 98.51	IM-38 54.36 0.69 16.36 3.29 2.65 0.16 2.66 2.42 2.43 2.64 0.11 2.83 8.38 98.98	IM-39 48.40 0.84 17.88 5.08 2.30 0.16 2.43 2.44 1.61 2.15 0.14 3.60 13.14 100.17	IM-40 49.64 1.60 16.13 8.53 2.08 0.17 2.56 3.04 1.97 1.86 0.09 2.91 8.12 98.70 5	IM-41           49.95           0.97           17.04           4.12           2.47           0.14           1.94           2.85           2.37           2.02           0.13           5.64           10.33           99.97           6	IM-42 50.25 2.15 17.93 6.81 2.40 0.21 2.37 3.24 2.09 1.97 0.16 2.44 6.97 98.99	IM-43 49,79 3.37 16,40 7.92 2.95 0.28 2.70 3.39 1.73 2.04 0.13 2.18 6.09 98,97 6	IM-44 51.26 1.63 17.71 5.08 3.16 0.19 2.17 2.46 2.08 0.13 2.37 7.32 99.03	IM-45 51.94 1.04 17.75 4.77 2.48 0.16 2.23 3.35 2.52 2.02 0.10 2.93 7.60 98.89 5	IM-46 54.98 1.81 16.13 5.65 2.09 0.20 1.92 2.55 2.29 2.77 0.11 2.25 6.51 99.26 6	IM-47 52.32 0.63 15.51 2.73 2.72 0.11 1.16 1.82 2.14 2.67 0.22 4.44 12.53 99.00	IM-48 52.22 0.58 17.70 5.36 2.09 0.13 1.00 1.82 2.43 2.83 0.39 3.55 9.86 99.96
Sample No. 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> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> H <sub>2</sub> O <sup>4</sup> H <sub>2</sub> O <sup>4</sup> Total As(oppm) Ba	IM-37 56.49 0.50 18.89 3.26 1.33 0.10 0.93 1.85 2.98 3.44 0.08 2.58 6.08 98.51 7	IM-38 54.36 0.69 16.36 3.29 2.65 0.16 2.66 2.42 2.43 2.64 0.11 2.83 8.38 98.98 18	IM-39           48.40           0.84           17.88           5.08           2.30           0.16           2.43           2.44           1.61           2.15           0.14           3.60           13.14           100.17           15	IM-40 49.64 1.60 16.13 8.53 2.08 0.17 2.56 3.04 1.97 1.86 0.09 2.91 8.12 98.70 5 317	IM-41 49.95 0.97 17.04 4.12 2.47 0.14 1.94 2.85 2.37 2.02 0.13 5.64 10.33 99.97 6	IM-42           50.25           2.15           17.93           6.81           2.40           0.21           2.37           3.24           2.09           1.97           0.16           2.44           6.97           98.99           5           5           442	IM-43           49,79           3.37           16.40           7.92           2.95           0.28           2.70           3.39           1.73           2.04           0.13           2.18           6.09           98.97           6           384	IM-44           51.26           1.63           17.71           5.08           3.16           0.19           2.17           3.47           2.46           0.13           2.37           7.32           99.03           5           5           5           3.78	IM-45           51.94           1.04           17.75           4.77           2.48           0.16           2.23           3.35           2.52           2.02           0.10           2.93           7.60           98.89           5           335	IM-46           54.98           1.81           16.13           5.65           2.09           2.75           2.29           2.77           0.11           2.25           6.51           99.26           6           6           6	IM-47 52.32 0.63 15.51 2.73 2.72 0.11 1.16 1.82 2.14 2.67 0.22 4.44 12.53 99.00	IM-48           52.22         0.58           17.70         5.36           2.09         0.13           1.00         1.82           2.43         2.83           0.39         3.55           9.86         99.96           11         369
Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> FeO MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O <sub>5</sub> H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O Total Ba Co	IM-37 56.49 0.50 18.89 3.26 1.33 0.10 0.93 1.85 2.98 3.44 0.08 2.58 6.08 98.51 7 401 7	IM-38 54.36 0.69 16.36 3.29 2.65 0.16 2.66 2.62 2.42 2.43 2.64 0.11 2.83 8.38 98.98 18 479 17	IM-39 48.40 0.84 17.88 5.08 2.30 0.16 2.43 2.44 1.61 2.15 0.14 3.60 13.14 100.17 15 435 21	IM-40 49.64 1.60 16.13 8.53 2.08 0.17 2.56 3.04 1.97 1.86 0.09 2.91 8.12 98.70 5 317 10	IM-41           49.95           0.97           17.04           4.12           2.47           0.14           1.94           2.85           2.37           2.02           0.13           5.64           10.33           99.97           6           329           14	IM-42           50.25         2.15           17.93         6.81           2.40         0.21           2.37         3.24           2.09         1.97           0.16         2.44           6.97         98.99           5         442           19         19	IM-43           49.79           3.37           16.40           7.92           2.95           0.28           2.70           3.37           1.04           0.13           2.14           6           384           21	IM-44           51.26           1.63           17.71           5.08           3.16           0.19           2.17           3.46           2.08           0.13           2.37           7.32           99.03           5           378           17	IM-45           51.94           1.04           17.75           4.77           2.48           0.16           2.23           3.35           2.52           2.02           0.10           2.93           7.60           98.89           5           335           16	IM-46           54.98           1.81           16.13           5.65           2.09           0.20           1.92           2.55           2.29           2.77           0.11           2.25           6.51           99.26           6           409           15	IM-47 52.32 0.63 15.51 2.73 2.72 0.11 1.16 1.82 2.14 2.67 0.22 4.44 12.53 99.00 10 414	IM-48           52.22           0.58           17.70           5.36           2.09           0.13           1.00           1.82           2.43           2.83           0.35           9.86           99.96           11           369           12
Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O, FeO MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O P <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> Total As(ppm) Ba Co Co	IM-37 56.49 0.50 18.89 3.26 1.33 0.10 0.93 1.85 2.98 3.44 0.08 2.58 6.08 98.51 7 401 12 29	IM-38 54.36 0.69 16.36 3.29 2.65 0.16 2.66 2.42 2.43 2.64 0.11 2.83 8.38 98.98 18 479 17	IM-39 48.40 0.84 17.88 5.08 2.30 0.16 2.43 2.44 1.61 2.15 0.14 3.60 13.14 100.17 15 435 21	IM-40 49.64 1.60 16.13 8.53 2.08 0.17 2.56 3.04 1.97 1.86 0.09 2.91 8.12 98.70 5 317 19	IM-41           49.95           0.97           17.04           4.12           2.47           0.14           1.94           2.837           2.02           0.13           5.64           10.33           99.97           6           329           14           22	IM-42           50.25           2.15           17.93           6.81           2.40           0.21           2.37           3.24           2.09           1.97           0.16           2.47           98.99           5           442           19           32	IM-43           49,79           3.37           16,40           7.92           2.95           0.28           2.70           3.37           1.173           2.04           0.13           2.18           6.09           98.97           6           384           21           37	IM-44           51.26           1.63           17.71           5.08           3.16           0.19           2.17           3.47           2.46           2.08           0.13           2.37           7.32           99.03           5           378           17           28	IM-45           51.94           1.04           17.75           4.77           2.48           0.16           2.23           3.35           2.52           2.02           0.10           2.93           7.60           98.89           5           335           16           56	IM-46           54.98           1.81           16.13           5.65           2.09           0.20           1.92           2.55           2.29           2.77           0.11           2.25           6.51           99.26           6           409           15           33	IM-47           52.32           0.63           15.51           2.72           0.11           1.16           1.82           2.14           2.67           0.22           4.44           12.53           99.00           10           414           13           55	IM-48           52.22           0.58           17.70           5.36           2.09           0.13           1.00           1.82           2.43           2.83           0.39           3.55           9.86           99.96           11           369           12           31
Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Fe <sub>0</sub> MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O CaO Sa(opm) Ba Co Cr Cr	IM37           56.49           0.50           18.89           3.26           1.33           0.10           0.93           2.58           6.08           98.51           7           401           12           28	IM-38           54.36           0.69           16.36           3.29           2.65           0.16           2.66           2.42           2.43           2.64           0.11           2.83           8.38           98.98           18           479           17           112           21	IM-39           48.40           0.84           17.88           5.08           2.30           0.16           2.43           2.44           1.61           2.15           0.14           3.60           13.14           100.17           15           435           21           81           22	IM-40           49.64           1.60           16.13           8.53           2.08           0.17           2.56           3.04           1.97           1.86           0.09           2.91           8.12           98.70           5           317           19           45           16	IM-41           49.95           0.97           17.04           4.12           2.47           0.14           1.94           2.85           2.37           2.02           0.13           5.64           10.33           99.97           6           329           14           22           14	IM-42           50.25           2.15           17.93           6.81           2.40           0.21           2.37           3.24           2.09           1.97           0.16           2.44           6.97           98.99           5           442           19           32           16	IM-43 49.79 3.37 16.40 7.92 2.95 0.28 2.70 3.39 1.73 2.04 0.13 2.18 6.09 98.97 6 384 21 37 7	IM-44           51.26           1.63           17.71           5.08           3.16           0.19           2.17           2.46           2.08           0.13           2.37           7.32           99.03           5           378           17           28           10	IM-45           51.94           1.04           17.75           4.77           2.48           0.16           2.23           2.52           2.02           0.10           2.93           7.60           98.89           5           3355           16           5           0	IM-46           54.98           1.81           16.13           5.65           2.09           0.20           1.92           2.55           2.29           2.77           0.11           2.25           6.51           99.26           6           409           15           33           7	IM-47           52.32           0.63           15.51           2.72           0.11           1.16           1.82           2.14           2.67           0.22           4.44           12.53           99.00           10           414           13           55           46	IM-48           52.22           0.58           17.70           5.36           2.09           0.13           1.00           1.82           2.43           2.83           0.39           3.55           9.86           99.96           11           369           12           31
Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>5</sub> FeO MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O <sub>5</sub> H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O Total As(ppm) Ba Co Cr Cu CaO	IM-37 56.49 0.50 18.89 3.26 1.33 0.10 0.93 1.85 2.98 3.44 0.08 2.58 6.08 98.51 7 401 12 28 11	IM-38           54.36           0.69           16.36           3.29           2.65           0.16           2.66           2.42           2.43           2.64           0.11           2.83           8.38           98.98           18           479           17           112           31           10	IM-39 48.40 0.84 17.88 5.08 2.30 0.16 2.43 2.44 1.61 2.15 0.14 3.60 13.14 100.17 15 435 21 81 33 21	IM-40 49.64 1.60 16.13 8.53 2.08 0.17 2.56 3.04 1.97 1.86 0.09 2.91 8.12 98.70 5 317 19 45 16	IM-41           49.95           0.97           17.04           4.12           2.47           0.14           1.94           2.85           2.37           2.02           0.13           5.64           10.33           99.97           6           329           14           22           14           22	IM-42           50.25           2.15           17.93           6.81           2.40           0.21           2.37           3.24           2.09           1.97           0.16           2.44           6.97           98.99           5           442           19           32           16           21	IM-43           49.79           3.37           16.40           7.92           2.95           0.28           2.70           3.39           1.73           2.04           0.13           2.18           6.09           389.7           6           384           21           37           12           20	IM-44           51.26           1.63           17.71           5.08           0.19           2.17           3.47           2.46           2.08           0.13           2.37           5           378           17           28           10           20	IM-45           51.94           1.04           17.75           4.77           2.48           0.16           2.23           3.35           2.52           2.02           0.10           2.93           7.60           98.89           5           335           16           56           9           21	IM-46           54.98           1.81           16.13           5.65           2.09           0.20           1.92           2.55           2.29           2.77           0.11           2.25           6.51           99.26           6           409           15           33           7           21	IM-47           52.32           0.63           15.51           2.72           0.11           1.16           1.82           2.14           2.67           0.24           4.44           12.53           99.00           10           414           13           55           46           19	IM-48           52.22           0.58           17.70           5.36           2.09           0.13           1.00           1.82           2.43           2.83           0.39           3.55           9.86           99.96           11           369           12           31           17           21
Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>5</sub> FeO MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O Total As(ppm) Ba Co Cr Cu Ga Nn	IM-37 56.49 0.50 18.89 3.26 1.33 0.10 0.93 1.85 2.98 3.44 0.08 2.58 6.08 98.51 7 401 12 28 11 21	IM-38 54.36 0.69 16.36 3.29 2.65 0.16 2.66 2.42 2.43 2.64 0.11 2.83 8.38 98.98 18 479 17 112 31 19	IM-39 48.40 0.84 17.88 5.08 2.30 0.16 2.43 2.44 1.61 2.15 0.14 3.60 13.14 100.17 15 435 21 81 33 21	IM.40 49.64 1.60 16.13 8.53 2.08 0.17 2.56 3.04 1.97 1.86 0.09 2.91 8.12 98.70 5 317 19 45 16 19 22	IM-41           49.95           0.97           17.04           4.12           2.47           0.14           1.94           2.85           2.37           2.02           0.13           5.64           10.33           99.97           6           329           14           22           14           22           14	IM-42           50.25           2.15           17.93           6.81           2.40           0.21           2.37           3.24           2.09           1.97           0.16           2.44           6.97           98.99           5           442           19           32           16           21           20	IM-43           49.79           3.37           16.40           7.92           2.95           0.28           2.70           3.37           1.040           0.13           2.18           6.09           98.97           6           384           21           37           12           20           42	IM-44           51.26           1.63           17.71           5.08           3.16           0.19           2.17           3.46           2.08           0.13           2.37           5           378           17           28           10           20	IM-45           51.94           1.04           17.75           4.77           2.48           0.16           2.23           3.35           2.52           2.02           0.10           2.93           7.60           98.89           5           335           16           56           9           21           12	IM-46           54.98           1.81           16.13           5.65           2.09           0.20           1.92           2.55           2.29           2.77           0.11           2.25           6.51           99.26           6           409           15           33           7           21           20	IM-47           52.32           0.63           15.51           2.72           0.11           1.16           1.82           2.14           2.67           0.22           4.44           12.53           99.00           10           414           13           55           46           19           16	IM-48           52.22           0.58           17.70           5.36           2.09           0.13           1.00           1.82           2.43           2.83           0.39           3.55           9.86           99.96           11           369           12           31           17           21           17
Sample No.           SiO <sub>2</sub> (wt.%)           TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> FeO           MnO           MgO           CaO           Na <sub>2</sub> O           K <sub>2</sub> O           P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> H <sub>2</sub> O*           Total           As(ppm)           Ba           Co           Cr           Cu           Ga           Nb	IM-37 56.49 0.50 18.89 3.26 1.33 0.10 0.93 1.85 2.98 3.44 0.08 2.58 3.44 0.08 2.58 98.51 7 401 12 28 811 21 15	IM-38           54.36           0.69           16.36           3.29           2.65           0.16           2.66           2.42           2.43           2.64           0.11           2.83           8.38           98.98           18           479           17           112           31           19           14	IM-39 48.40 0.84 17.88 5.08 2.30 0.16 2.43 2.44 1.61 2.15 0.14 3.60 13.14 100.17 15 435 21 81 33 21 14 22	IM-40           49.64           1.60           16.13           8.53           2.08           0.17           2.56           3.04           1.97           1.86           0.09           2.91           8.12           98.70           5           317           19           45           16           19           22	IM-41           49.95           0.97           17.04           4.12           2.47           0.14           1.94           2.85           2.37           2.02           0.13           5.64           10.33           99.97           6           329           14           22           14           22           14           22           19	IM-42           50.25           2.15           17.93           6.81           2.40           0.21           2.37           3.24           2.09           1.97           0.16           2.44           6.97           98.99           5           442           19           32           16           21           28           12	IM-43           49,79           3.37           16,40           7.92           2.95           0.28           2.70           3.37           1.73           2.04           0.13           2.18           6           384           21           37           12           20           42           12	IM-44           51.26           1.63           17.71           5.08           3.16           0.19           2.17           3.47           2.46           2.08           0.13           2.37           7.32           99.03           5           378           17           28           10           20           26	IM-45           51.94           1.04           17.75           4.77           2.48           0.16           2.23           3.35           2.52           2.02           0.10           2.93           7.60           98.89           5           335           16           56           9           21           18           28	IM-46           54.98           1.81           16.13           5.65           2.09           0.20           1.92           2.55           2.29           2.77           0.11           2.255           6.51           99.26           6           409           15           33           7           21           29           10	IM-47           52.32           0.63           15.51           2.72           0.11           1.16           1.82           2.14           2.67           0.22           4.44           12.53           99.00           10           414           13           55           46           19           16           28	IM-48           52.22           0.58           17.70           5.36           2.09           0.13           1.00           1.82           2.43           2.83           0.39           3.55           9.86           99.96           11           369           12           31           17           21           17           21           17
Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>5</sub> FeO MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O R <sub>2</sub> O <sub>5</sub> H <sub>2</sub> O <sup>5</sup> H <sub>2</sub> O <sup>5</sup> CaO CaO CaO CaO CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O <sup>5</sup> CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O Na <sub>2</sub> O Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O Na <sub>2</sub> O Nb Ni Ni	IM37           56.49           0.50           18.89           3.26           1.33           0.10           0.93           2.98           3.44           0.08           2.58           6.08           98.51           7           401           12           28           11           21           15           12           27	IM-38           54.36           0.69           16.36           3.29           2.65           0.16           2.64           0.11           2.83           8.38           98.98           18           479           17           112           31           19           14           48           20	IM-39           48.40           0.84           17.88           5.08           2.30           0.16           2.43           2.44           1.61           2.15           0.14           3.60           13.14           100.17           15           21           81           33           21           14           38           27	IM-40           49.64           1.60           16.13           8.53           2.08           0.17           2.56           3.04           1.97           1.86           0.09           2.91           8.12           98.70           5           317           19           45           16           19           22           14	IM-41           49.95           0.97           17.04           4.12           2.47           0.14           1.94           2.85           2.37           2.02           0.13           5.64           10.33           99.97           6           329           14           22           14           22           14           22           19           8           24	IM-42           50.25           2.15           17.93           6.81           2.40           0.21           2.37           3.24           2.09           1.97           0.16           2.44           6.97           98.99           5           442           19           32           16           21           28           12           12	IM-43           49.79           3.37           16.40           7.92           2.95           0.28           2.705           0.28           2.701           3.39           1.73           2.04           0.13           2.18           6.09           98.97           6           38           21           37           12           20           42           13           20	IM-44           51.26           1.63           17.71           5.08           0.19           2.17           3.47           2.46           2.08           0.13           2.37           7.32           99.03           5           378           17           28           10           20           26           9           10	IM-45           51.94           1.04           17.75           4.77           2.48           0.16           2.23           2.02           0.10           2.93           7.60           98.89           5           335           16           56           9           21           18           28           10	IM-46           54.98           1.81           16.13           5.65           2.09           0.20           1.92           2.55           2.29           2.77           0.11           2.25           6.51           99.26           6           409           15           33           7           21           29           10           20	IM-47           52.32           0.63           15.51           2.72           0.11           1.16           2.82           2.14           2.67           0.22           4.44           12.53           99.00           10           414           13           55           46           19           16           28           27	IM-48           52.22           0.58           17.70           5.36           2.09           0.13           1.00           1.82           2.43           2.83           0.39           3.55           9.86           99.96           11           369           12           31           17           21           17           12           31           17           21           17           22           21
Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>5</sub> FeO MnO MgO CaO Ma <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O M <sub>2</sub> O <sub>5</sub> H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O Total As(ppm) Ba Co Cr Cu Ga Nb Ni Pb	IM-37           56.49           0.50           18.89           3.26           1.33           0.10           0.93           1.85           2.98           3.44           0.08           2.58           6.08           98.51           7           401           12           28           11           15           12           25	IM-38 54.36 0.69 16.36 3.29 2.65 0.16 2.66 2.64 2.42 2.43 2.64 0.11 2.83 8.38 98.98 18 479 17 112 31 19 14 48 23	IM-39 48.40 0.84 17.88 5.08 2.30 0.16 2.43 2.44 1.61 2.15 0.14 3.60 13.14 100.17 15 435 21 81 33 21 14 38 27	IM. 40           49.64           1.60           16.13           8.53           2.08           0.17           2.56           3.04           1.97           1.86           0.09           2.91           8.12           98.70           5           317           19           45           16           19           22           14           19	IM-41           49.95           0.97           17.04           4.12           2.47           0.14           1.94           2.85           2.37           2.02           0.13           5.64           10.33           99.97           6           329           14           22           14           22           14           22           14           22           14           22           14           22           14           22           14           22           14           22           14           22           19           8           24	IM-42           50.25           2.15           17.93           6.81           2.40           0.21           2.37           3.24           2.09           1.97           0.16           2.44           6.97           98.99           5           442           19           32           16           21           28           12           18           76	IM-43           49.79           3.37           16.40           7.92           2.95           0.28           2.70           3.39           1.73           2.04           0.13           2.13           37           12           20           42           13           20           42           13           20           42           13           20	IM-44           51.26           1.63           17.71           5.08           3.16           0.19           2.17           3.46           2.08           0.13           2.37           7.32           99.03           5           378           10           20           26           9           19           27	IM-45           51.94           1.04           17.75           4.77           2.48           0.16           2.23           3.35           2.62           0.010           2.93           7.60           98.89           5           335           16           56           9           21           18           28           19           9	IM-46           54.98           1.81           16.13           5.65           2.09           0.20           1.92           2.55           2.29           2.77           0.11           2.25           6.51           99.26           6           409           15           33           7           21           29           10           26	IM-47           52.32           0.63           15.51           2.72           0.11           1.16           2.82           2.14           2.67           0.22           4.44           12.53           99.00           10           414           13           55           46           19           16           28           37           127	IM-48           52:22           0.58           17.70           5:36           2:09           0.13           1:00           1.82           2:43           2:83           0.39           3:55           986           99:96           11           369           12           31           17           21           17           12           28           120
Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> FeO MnO MgO CaO Ma <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O Total As(ppm) Ba Co Cr Cu Ga Nb Ni Pb Rb	IM-37           IM-37           56.49           0.50           18.89           3.26           1.33           0.10           0.93           1.85           2.98           3.44           0.08           2.58           6.08           98.51           7           401           12           28           111           21           15           12           25           145	IM-38           54.36           0.69           16.36           3.29           2.65           0.16           2.66           2.43           2.64           0.11           2.83           8.38           98.98           18           479           17           112           31           19           14           48           23           114	IM-39           IM-39           48.40           0.84           17.88           5.08           2.30           0.16           2.43           2.44           1.61           2.15           0.14           3.60           13.14           100.17           15           435           21           81           33           21           14           38           27           105	IM.40 49.64 1.60 16.13 8.53 2.08 0.17 2.56 3.04 1.97 1.86 0.09 2.91 8.12 98.70 5 317 19 45 16 19 22 14 19 8.1	IM-41           49.95           0.97           17.04           4.12           2.47           0.14           1.94           2.837           2.02           0.13           5.64           10.33           99.97           6           329           14           22           14           22           14           22           14           22           14           22           14           22           14           22           14           22           15	IM-42           50.25           2.15           17.93           6.81           2.40           0.21           2.37           3.24           2.09           1.97           0.16           2.442           19           32           16           21           28           12           18           79	IM-43           149,79           3.37           16,40           7.92           2.95           0.28           2.70           3.37           1.13           2.04           0.13           2.18           6.09           98.97           6           384           21           37           12           20           42           13           20           89           20	IM-44           51.26           1.63           17.71           5.08           3.16           0.19           2.17           3.16           0.13           2.46           2.08           0.13           2.77           7.32           99.03           5           378           17           28           10           20           26           9           19           87	IM-45           51.94           1.04           17.75           4.77           2.48           0.16           2.23           3.35           2.62           0.10           2.93           7.60           98.89           5           335           16           56           9           21           18           28           19           96	IM-46           IM-46           54.98           1.81           16.13           5.65           2.09           0.20           1.92           2.55           2.29           2.77           0.11           2.25           6.51           99.26           6           409           15           33           7           21           29           10           26           108	IM-47           52.32           0.63           15.51           2.72           0.11           1.16           1.82           2.14           2.67           0.22           4.44           12.53           99.00           10           414           13           55           46           19           16           28           37           127	IM-48           52.22         0.58           17.70         5.36           2.09         0.13           1.00         1.82           2.43         2.83           0.39         3.55           9.86         99.96           11         369           12         31           17         21           17         21           17         21           16         2.8           130         1.12           2.8         1.30
Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>5</sub> FeO MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> H <sub>2</sub> O <sup>5</sup> H <sub>2</sub> O <sup>5</sup> CaO CaO CaO CaO CaO CaO CaO CaO	IM37           56.49           0.50           18.89           3.26           1.33           0.10           0.93           2.68           3.44           0.08           98.51           7           401           12           28           11           21           15           12           25           145           208	IM-38           54.36           0.69           16.36           3.29           2.65           0.16           2.64           0.11           2.83           8.38           98.98           18           479           17           112           31           19           14           48           23           114           264	IM-39           48.40           0.84           17.88           5.08           2.30           0.16           2.43           2.44           1.61           2.15           0.14           3.60           13.14           100.17           15           435           21           81           33           21           14           38           27           105           447	IM-40           49.64           1.60           16.13           8.53           2.08           0.17           2.56           3.04           1.97           1.86           0.09           2.91           8.12           98.70           5           317           19           45           16           19           22           14           19           22           14           19           21           45	IM-41           49.95           0.97           17.04           4.12           2.47           0.14           1.94           2.85           2.37           2.02           0.13           5.64           10.33           99.97           6           329           14           22           14           22           14           22           14           22           14           22           14           22           14           22           14           22           14           22           14           22           19           8           24           97           316	IM-42           50.25           2.15           17.93           6.81           2.40           0.21           2.37           3.24           2.09           1.97           0.16           2.44           6.97           98.99           5           442           19           32           16           21           28           12           18           79           189	IM-43           49.79           3.37           16.40           7.92           2.95           0.28           2.705           3.39           1.73           2.04           0.13           2.18           6.09           98.97           6           384           21           37           12           20           42           13           20           89           237	IM-44           51.26           1.63           17.71           5.08           3.16           0.19           2.17           2.46           2.08           0.13           2.37           7.32           99.03           5           378           17           28           10           20           26           9           19           87           220	IM-45           51.94           1.04           17.75           4.77           2.48           0.16           2.23           2.02           0.0           0.10           2.93           7.60           98.89           5           335           16           56           9           118           28           19           96           215	IM-46           IM-46           54.98           1.81           16.13           5.65           2.09           0.20           1.92           2.55           2.29           2.77           0.11           2.25           6.51           99.26           6           409           15           33           7           21           29           10           26           108           234	IM-47           52.32           0.63           15.51           2.72           0.11           1.16           1.82           2.14           2.672           0.273           99.00           10           414           13           55           46           19           16           28           37           127           734	IM-48           52.22           0.58           17.70           5.36           2.09           0.13           1.00           1.82           2.43           2.43           2.83           0.39           3.55           9.86           99.96           11           369           12           31           17           12           31           17           12           31           17           12           31           17           12           31           17           12           330
Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> FeO MnO MgO CaO Ma <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O Total As(ppm) Ba Co Cr Cr Cu Ga Nb Ni Pb Rb S Sr	IM-37           56.49           0.50           18.89           3.26           1.33           0.10           0.93           1.85           2.98           3.44           0.08           2.58           6.08           98.51           7           401           12           28           11           21           28           11           21           25           145           208           130	IM-38           54.36           0.69           16.36           3.29           2.65           0.16           2.64           0.11           2.83           8.38           98.98           18           479           17           112           31           19           14           48           23           114           264           168	IM-39           48.40           0.84           17.88           5.08           2.30           0.16           2.43           2.44           1.61           2.15           0.14           3.60           13.14           100.17           15           21           81           33           21           81           33           21           81           33           14           38           27           105           447           151	IM. 40           49.64           1.60           16.13           8.53           2.08           0.17           2.56           3.04           1.97           1.86           0.09           2.91           8.12           98.70           5           317           19           45           16           19           22           14           19           81           294	IM-41           49.95           0.97           17.04           4.12           2.47           0.14           1.985           2.37           2.02           0.13           5.64           10.33           99.97           6           329           14           22           14           22           14           22           14           22           14           329           316           167	IM-42           50.25           2.15           17.93           6.81           2.40           0.21           2.37           3.24           2.09           1.97           0.16           2.44           6.97           98.99           5           442           19           32           16           21           28           12           18           79           150	IM-43           49.79           3.37           16.40           7.92           2.95           0.28           2.701           3.39           1.73           2.04           0.13           2.18           6.09           389           237           148	IM-44           51.26           1.63           17.71           5.08           0.19           2.17           3.47           2.46           2.08           0.13           2.37           7.32           99.03           5           378           10           20           26           9           19           87           220           158	IM-45           51.94           1.04           17.75           4.77           2.48           0.16           2.23           3.35           2.52           2.02           0.10           2.93           7.60           98.89           5           335           16           56           9           21           18           28           19           96           215           188	IM-46           54.98           1.81           16.13           5.65           2.09           0.20           1.92           2.55           2.29           2.77           0.11           2.25           6.51           99.26           6           409           15           33           7           21           29           10           26           108           234           159	IM-47           52.32           0.63           15.51           2.72           0.11           1.16           1.82           2.14           2.67           0.23           99.00           10           414           13           55           46           19           16           28           37           127           734           121	IM-48           52:22           0.58           17.70           5:36           2.09           0.13           1.00           1.82           2.43           2.83           0.39           3.55           9.86           99.96           11           369           12           31           17           12           31           17           12           31           17           12           130           615           123
Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>5</sub> FeO MnO MgO CaO MgO CaO MgO K <sub>4</sub> O P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> H <sub>4</sub> O H <sub>4</sub> O Total As(ppm) Ba Co Cr Cu Ga Nb Ni Pb Rb S Sr Th	IM-37           IM-37           56,49           0.50           18,89           3.26           1.33           0.10           0.93           1.85           2.98           3.44           0.08           2.58           6.08           98.51           7           401           12           28           11           21           15           12           25           145           208           130           29	IM-38           54.36           0.69           16.36           3.29           2.65           0.16           2.64           0.11           2.83           2.64           0.11           2.83           8.38           98.98           18           479           17           112           31           19           14           48           23           114           264           168           111	IM-39           18.40           0.84           17.88           5.08           2.30           0.16           2.43           2.44           1.61           2.15           0.14           3.60           13.14           100.17           15           435           21           14           38           27           105           447           151           11	IM.40 49.64 1.60 16.13 8.53 2.08 0.17 2.56 3.04 1.97 1.86 0.09 2.91 8.12 98.70 5 317 19 45 16 19 22 14 19 81 294 157 13	IM-41           49.95           0.97           17.04           4.12           2.47           0.14           1.94           2.87           2.02           0.13           5.64           10.33           99.97           6           329           14           22           14           22           14           22           14           22           14           316           167           14	IM-42           50.25           2.15           17.93           6.81           2.40           0.21           2.37           3.240           0.97           0.16           2.49           98.99           5           442           19           32           16           21           28           12           18           79           150           44	IM-43           49.79           3.37           16.40           7.92           2.95           0.28           2.70           3.37           1.040           7.32           2.04           0.13           2.18           6.09           98.97           6           384           21           37           12           20           42           13           20           89           237           148           17	IM-44           51.26           1.63           17.71           5.08           3.16           0.19           2.17           3.47           2.46           2.08           0.13           2.37           7.32           99.03           5           378           10           20           26           9           19           87           158           43	IM-45           51.94           1.04           17.75           4.77           2.48           0.16           2.23           3.35           2.52           2.02           0.10           2.93           7.60           98.89           5           335           16           56           9           21           18           28           19           96           215           188           13	IM-46           54.98           1.81           16.13           5.65           2.09           0.20           1.92           2.55           2.29           2.77           0.11           2.25           6.51           99.26           6           409           15           33           7           21           29           10           26           108           234           159           19	IM-47           52.32           0.63           15.51           2.72           0.11           1.16           2.82           2.14           2.67           0.22           4.44           12.53           99.00           10           414           13           55           46           19           16           28           37           127           734           121           18	IM-48           52.22           0.58           17.70           5.36           2.09           0.13           1.00           1.82           2.43           2.83           0.39           3.55           9.86           99.96           11           369           12           31           17           12           28           130           615           123           17
Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>5</sub> FeO MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O Total As(opm) Ba Co Cr Cu Ga Nb Ni Pb Rb S Sr Th V	IM37           56.49           0.50           18.89           3.26           1.33           0.10           0.93           2.58           6.08           98.51           7           401           12           28           11           21           15           12           25           145           208           130           29           67	IM-38           54.36           0.69           16.36           3.29           2.65           0.16           2.64           0.11           2.83           8.38           98.98           18           479           17           112           31           19           14           48           23           114           264           111           107	IM.39           18.49           0.84           17.88           5.08           2.30           0.16           2.44           1.61           2.15           0.14           3.60           13.14           100.17           15           435           21           81           33           21           14           38           27           105           447           111           132	IM-40           49.64           1.60           16.13           8.53           2.08           0.17           2.56           3.04           1.97           1.86           0.09           2.91           8.12           98.70           5           317           19           45           16           19           22           14           19           81           294           157           13           213	IM-41           49.95           0.97           17.04           4.12           2.47           0.14           1.94           2.85           2.37           2.02           0.13           5.64           10.33           99.97           6           329           14           22           14           22           14           22           14           22           16           167           14           110	IM-42           50.25           2.15           17.93           6.81           2.40           0.21           2.37           3.24           2.09           1.97           0.16           2.44           6.97           98.99           5           442           19           32           16           21           28           12           18           79           189           150           44           165	IM.43           49.79           3.37           16.40           7.92           2.95           0.28           2.705           0.28           2.73           1.73           2.18           6.09           98.97           6           384           21           37           12           20           89           237           148           17           195	IM-44           51.26           1.63           17.71           5.08           3.16           0.19           2.17           2.46           2.08           0.13           2.37           7.32           99.03           5           378           17           28           10           20           26           9           87           220           158           43           145	IM-45           51.94           1.04           17.75           4.77           2.48           0.16           2.23           7.60           98.89           5           335           16           56           9           21           18           28           19           96           215           188           13           128	IM.46           54.98           1.81           16.13           5.65           2.09           0.20           1.92           2.55           2.29           2.77           0.11           2.25           6.51           99.26           6           409           15           33           7           21           29           10           26           108           234           159           133	IM-47           52.32           0.63           15.51           2.72           0.11           1.16           1.82           2.14           2.67           0.22           4.44           12.53           99.00           10           414           13           55           46           19           16           28           37           127           734           12           18           82	IM-48           52.22           0.58           17.70           5.36           2.09           0.13           1.00           1.82           2.43           2.83           0.39           3.55           9.86           99.96           11           369           12           31           17           21           17           21           17           28           130           615           123           17           80
Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>5</sub> FeO MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O Total As(ppm) Ba Co Cr Cu Ga Nb Ni Pb Rb S Sr Th V Y	IM-37           56,49           0.50           18,89           3.26           1.33           0.10           0.93           2.98           3.44           0.08           2.98           3.44           0.08           98.51           7           401           12           28           11           21           15           12           25           145           208           130           29           67           50	IM-38           54.36           0.69           16.36           3.29           2.65           0.16           2.64           0.11           2.83           8.38           98.98           18           479           17           112           31           19           14           48           23           114           264           168           117           112           31           19           14           48           23           114           264           168           117           123	IM-39           18.49           48.40           0.84           17.88           5.08           2.30           0.16           2.43           2.44           1.61           2.15           0.14           3.60           13.14           100.17           15           21           81           33           21           14           38           27           105           447           151           11           132           34	IM40           49.64           1.60           16.13           8.53           2.08           0.17           2.56           3.04           1.97           1.86           0.09           2.91           8.12           98.70           5           317           19           45           16           19           22           14           19           294           157           13           213           35	IM-41           49.95           0.97           17.04           4.12           2.47           0.14           1.94           2.85           2.37           2.02           0.13           5.64           10.33           99.97           6           329           14           22           14           22           14           22           14           22           14           329           316           167           14           110           32	IM-42           50.25           2.15           17.93           6.81           2.40           0.21           2.37           3.24           2.09           1.97           0.16           2.44           6.97           98.99           5           442           19           32           16           21           28           12           189           150           44           165           66	IM-43           49.79           3.37           16.40           7.92           2.95           0.28           2.705           0.28           2.701           3.39           1.73           2.04           0.13           2.18           6.09           98.97           6           384           21           37           12           20           42           13           20           42           13           20           42           13           20           42           13           20           42           13           20           45	IM-44           51.26           1.63           17.71           5.08           0.19           2.17           3.47           2.46           2.08           0.13           2.37           7.32           99.03           5           378           17           28           10           20           26           9           19           87           220           158           43           145           76	IM-45           51.94           1.04           17.75           4.77           2.48           0.16           2.23           3.35           2.52           2.02           0.10           2.93           7.60           98.89           5           335           16           56           9           21           18           28           19           215           188           13           128           36	IM-46           54.98           1.81           16.13           5.65           2.09           0.20           1.92           2.55           2.29           2.77           0.11           2.25           6.51           99.26           6           409           15           33           7           21           29           10           26           108           234           159           133           36	IM-47           52.32           0.63           15.51           2.72           0.11           1.16           1.82           2.14           2.67           0.22           4.44           12.53           99.00           10           414           13           55           46           19           16           28           37           734           121           18           82           42	IM-48           52:22         0.58           17.70         5.36           2.09         0.13           1.00         1.82           2.43         2.83           0.39         3.55           9.86         99.96           11         369           12         31           17         12           31         17           12         31           17         12           28         130           615         123           17         80           57         80
Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>5</sub> FeO MnO MgO CaO MgO CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O <sub>5</sub> H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O CaO K <sub>2</sub> O CaO CaO K <sub>2</sub> O CaO CaO CaO CaO CaO CaO Nb Ni Pb Rb S Sr Th V Y Zn	IM37           56.49           0.50           18.89           3.26           1.33           0.10           0.93           1.85           2.98           3.44           0.08           2.58           6.08           98.51           7           401           12           28           11           15           12           25           145           208           130           29           67           50           89	IM-38           54.36           0.69           16.36           3.29           2.65           0.16           2.64           0.11           2.83           8.38           98.98           18           479           17           112           31           19           14           48           23           114           48           23           114           168           11           107           32           107	IM-39           48.40           0.84           17.88           5.08           2.30           0.16           2.43           2.44           1.61           2.15           0.14           3.60           13.14           100.17           15           435           21           81           33           21           81           33           21           81           33           21           81           33           21           81           33           21           81           33           21           81           33           21           81           32           447           151           11           132           34	IM. 40           49.64           1.60           16.13           8.53           2.08           0.17           2.56           3.04           1.97           1.86           0.09           2.91           8.12           98.70           5           317           19           45           16           19           22           14           19           81           294           157           13           35           111	IM-41           49.95           0.97           17.04           4.12           2.47           0.14           1.98           2.37           2.02           0.13           5.64           10.33           99.97           6           329           14           22           14           22           14           22           14           22           14           32           316           167           14           32           111	IM-42           50.25           2.15           17.93           6.81           2.40           0.21           2.37           3.24           2.09           1.97           0.16           2.44           6.97           98.99           5           442           19           32           16           21           28           12           18           79           150           44           165           66           145	IM-43           49.79           3.37           16.40           7.92           2.95           0.28           2.701           13           2.04           0.13           2.13           37           12           20           42           13           20           89           237           148           17           195           45           150	IM-44           51.26           1.63           17.71           508           3.16           0.19           2.17           3.46           2.08           0.13           2.37           7.32           99.03           5           378           10           20           26           9           19           87           76           121	IM-45           51.94           1.04           17.75           4.77           2.48           0.16           2.23           3.35           2.02           0.10           2.93           7.60           98.89           5           335           16           56           9           21           18           28           19           96           215           188           13           128           36           104	IM-46           54.98           1.81           16.13           5.65           2.09           0.20           1.92           2.55           2.29           2.77           0.11           2.25           6.51           99.26           6           409           15           33           7           21           29           10           26           108           234           159           19           133           36           110	IM-47           52.32           0.63           15.51           2.72           0.11           1.16           2.14           2.67           0.22           4.44           12.53           99.00           10           414           13           55           46           19           16           28           37           127           734           121           18           82           42           181	IM-48           52:22           0.58           17.70           5:36           2.09           0.13           1.00           1.82           2.43           2.83           0.39           3.55           9.86           99.96           11           369           12           31           17           21           17           12           38           130           615           123           17           80           57           112

Appendix 2. (continued)

Sample No	TM-40	IM-50	IM 51	IM-52	IM-53	IM-56	HA-01	HA-02	HA-03	HA-04	HA 05	HA-06
Sample No.	53.64	50.43	45.20	50.12	60.23	60.48	50.21	44 69	44.60	46 38	45.11	40.27
TiO.	0.43	0.43	0.49	2.72	0.54	0.80	0.94	0.78	0.78	0.78	1.01	0.77
	17.16	17.02	16.38	18.17	19.67	15.55	16.56	16.61	16.04	15.73	15.12	14.36
Fe <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1.23	1.32	2.53	7.95	3.09	3.93	4.06	3.25	3.54	3.58	4.29	2.58
FeO	2.20	2.35	2.63	1.44	1.07	2.48	2.73	2.59	3.19	2.45	3.25	3.27
MnO	0.10	0.09	0.31	0.14	0.08	0.15	0.15	0.16	0.27	0.20	0.28	0.22
MgO	0.73	0.81	0.75	1.08	0.85	2.40	3.22	1.91	1.55	1.88	2.33	1.33
CaO	1.75	2.06	1.41	1.08	1.63	3.89	4.81	3.39	2.34	3.09	3.39	2.00
Na <sub>2</sub> O	2.73	2.78	1.71	1.15	2.50	2.44	2.13	1.62	1.40	1.45	1.53	1.16
K <sub>2</sub> O	2.84	2.89	2.26	1.79	3.94	2.40	0.95	0.83	1.28	1.04	1.03	1.04
$P_2O_5$	0.10	0.10	0.23	0.11	0.04	0.18	0.17	0.20	0.21	0.26	0.28	0.16
$H_2O$	3.99	4.44	8.42	3.88	1.41	1.38	4.24	6.38	6.35	5.82	6.04	10.60
$H_2O^+$	12.32	14.71	14.08	8.35	5.32	3.44	9.23	15.90	17.16	16.60	14.79	18.60
Total	99.22	99.43	96.40	97.98	100.37	99.52	99.40	98.31	98.71	99.26	98.45	96.36
A c(nom)	8	5	8	7	4	7	-4	5	13	7	7	10
Ba	360	328	330	326	576	429	368	548	342	342	366	457
Co	9	8	11	22	6	17	17	10	17	14	13	13
Cr	33	26	33	113	18	53	23	28	54	37	46	35
Cu	10	8	17	15	6	25	16	39	79	31	21	14
Ga	21	20	21	22	24	18	22	21	19	20	19	20
Nb	14	15	16	31	19	16	18	20	17	17	24	22
Ni	19	12	17	21	11	18	11	14	23	18	13	15
Pb	31	30	29	37	30	19	29	376	37	24	22	22
Rb	133	126	123	88	157	85	126	109	67	67	70	87
S	479	584	711	258	108	314	502	484	1096	866	517	351
Sr	126	135	93	90	171	200	155	184	190	182	222	229
Th	19	24	24	17	16	11	20	12	9	9	10	12
v	44	54	58	221	49	127	86	76	97	91	107	94
Y	53	58	55	30	22	38	40	32	24	25	28	28
Zn	97	8/	142	125	92	100	123	252	251	157	133	122
Zr	/04	1928	507	/51	105	/05	455	001	333	309	222	333
Sample No.	HA-07	HA-08	HA-09	HA-10	HA-11	HA-12	HA-13	HA-14	HA-15	HA-16	HA-17	HA-18
Sample No. SiO₂(wt.%)	HA-07 42.64	HA-08 48.75	HA-09 52.53	HA-10 49.75	HA-11 46.23	HA-12 53.96	HA-13 46.96	HA-14 40.75	HA-15 46.39	HA-16 47.11	HA-17 51.82	HA-18 49.19
Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub>	HA-07 42.64 1.15	HA-08 48.75 1.37	HA-09 52.53 1.24	HA-10 49.75 0.83	HA-11 46.23 0.98	HA-12 53.96 1.20	HA-13 46.96 1.08	HA-14 40.75 0.62	HA-15 46.39 0.95	HA-16 47.11 0.82	HA-17 51.82 1.00	HA-18 49.19 1.24
	HA-07 42.64 1.15 15.63	HA-08 48.75 1.37 15.20	HA-09 52.53 1.24 17.38	HA-10 49.75 0.83 18.17	HA-11 46.23 0.98 17.34	HA-12 53.96 1.20 17.32	HA-13 46.96 1.08 16.96	HA-14 40.75 0.62 14.04	HA-15 46.39 0.95 15.34	HA-16 47.11 0.82 16.29	HA-17 51.82 1.00 17.63	HA-18 49.19 1.24 15.51
$\begin{tabular}{ c c c c c }\hline Sample No.\\ SiO_2(wt.\%)\\ TiO_2\\ Al_2O_3\\ Fe_2O_3\\ Fe$	HA-07 42.64 1.15 15.63 4.29	HA-08 48.75 1.37 15.20 3.92	HA-09 52.53 1.24 17.38 5.04	HA-10 49.75 0.83 18.17 2.78	HA-11 46.23 0.98 17.34 3.39 2.01	HA-12 53.96 1.20 17.32 4.09	HA-13 46.96 1.08 16.96 3.00 2.70	HA-14 40.75 0.62 14.04 1.23 2.60	HA-15 46.39 0.95 15.34 3.65 2.87	HA-16 47.11 0.82 16.29 3.06 2.66	HA-17 51.82 1.00 17.63 5.62	HA-18 49.19 1.24 15.51 5.77
	HA-07 42.64 1.15 15.63 4.29 3.11	HA-08 48.75 1.37 15.20 3.92 3.68 0.17	HA-09 52.53 1.24 17.38 5.04 2.39	HA-10 49.75 0.83 18.17 2.78 2.82 0.10	HA-11 46.23 0.98 17.34 3.39 3.01 0.12	HA-12 53.96 1.20 17.32 4.09 2.01	HA-13 46.96 1.08 16.96 3.00 3.70 0.17	HA-14 40.75 0.62 14.04 1.23 3.60 0.12	HA-15 46.39 0.95 15.34 3.65 2.87 0.15	HA-16 47.11 0.82 16.29 3.06 3.66 0.27	HA-17 51.82 1.00 17.63 5.62 4.18 0.21	HA-18 49.19 1.24 15.51 5.77 3.33 0.10
Sample No. 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 McO	HA-07 42.64 1.15 15.63 4.29 3.11 0.17 2.54	HA-08 48.75 1.37 15.20 3.92 3.68 0.17 2.65	HA-09 52.53 1.24 17.38 5.04 2.39 0.16 2.61	HA-10 49.75 0.83 18.17 2.78 2.82 0.19 1 39	HA-11 46.23 0.98 17.34 3.39 3.01 0.13 2.33	HA-12 53.96 1.20 17.32 4.09 2.01 0.13 2.11	HA-13 46.96 1.08 16.96 3.00 3.70 0.17 1.89	HA-14 40.75 0.62 14.04 1.23 3.60 0.12 1.59	HA-15 46.39 0.95 15.34 3.65 2.87 0.15 2.09	HA-16 47.11 0.82 16.29 3.06 3.66 0.27 2.01	HA-17 51.82 1.00 17.63 5.62 4.18 0.21 2.98	HA-18 49.19 1.24 15.51 5.77 3.33 0.19 4.13
Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> FeO MnO MgO CoO	HA-07 42.64 1.15 15.63 4.29 3.11 0.17 2.54	HA-08 48.75 1.37 15.20 3.92 3.68 0.17 2.65 2.08	HA-09 52.53 1.24 17.38 5.04 2.39 0.16 2.61 2.61	HA-10 49.75 0.83 18.17 2.78 2.82 0.19 1.39 2.88	HA-11 46.23 0.98 17.34 3.39 3.01 0.13 2.33 3.15	HA-12 53.96 1.20 17.32 4.09 2.01 0.13 2.11 3.66	HA-13 46.96 1.08 16.96 3.00 3.70 0.17 1.89 3.18	HA-14 40.75 0.62 14.04 1.23 3.60 0.12 1.59 3.14	HA-15 46.39 0.95 15.34 3.65 2.87 0.15 2.09 3.59	HA-16 47.11 0.82 16.29 3.06 3.66 0.27 2.01 3.22	HA-17 51.82 1.00 17.63 5.62 4.18 0.21 2.98 5.92	HA-18 49.19 1.24 15.51 5.77 3.33 0.19 4.13 4.02
Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> FeO MnO MgO CaO Na O	HA-07 42.64 1.15 15.63 4.29 3.11 0.17 2.54 2.47 1.20	HA-08 48.75 1.37 15.20 3.92 3.68 0.17 2.65 3.08 1.72	HA-09 52.53 1.24 17.38 5.04 2.39 0.16 2.61 3.41 2.33	HA-10 49.75 0.83 18.17 2.78 2.82 0.19 1.39 2.88 2.13	HA-11 46.23 0.98 17.34 3.39 3.01 0.13 2.33 3.15 1.70	HA-12 53.96 1.20 17.32 4.09 2.01 0.13 2.11 3.66 2.70	HA-13 46.96 1.08 16.96 3.00 3.70 0.17 1.89 3.18 1.99	HA-14 40.75 0.62 14.04 1.23 3.60 0.12 1.59 3.14 1.32	HA-15 46.39 0.95 15.34 3.65 2.87 0.15 2.09 3.59 1.90	HA-16 47.11 0.82 16.29 3.06 3.66 0.27 2.01 3.22 2.09	HA-17 51.82 1.00 17.63 5.62 4.18 0.21 2.98 5.92 2.69	HA-18 49.19 1.24 15.51 5.77 3.33 0.19 4.13 4.02 1.82
Sample No. 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 CaO Na <sub>2</sub> O K O	HA-07 42.64 1.15 15.63 4.29 3.11 0.17 2.54 2.47 1.20 0.83	HA-08 48.75 1.37 15.20 3.92 3.68 0.17 2.65 3.08 1.72 1.41	HA-09 52.53 1.24 17.38 5.04 2.39 0.16 2.61 3.41 2.33 1.74	HA-10 49.75 0.83 18.17 2.78 2.82 0.19 1.39 2.88 2.13 1.87	HA-11 46.23 0.98 17.34 3.39 3.01 0.13 2.33 3.15 1.70 1.35	HA-12 53.96 1.20 17.32 4.09 2.01 0.13 2.11 3.66 2.70 1.75	HA-13 46.96 1.08 16.96 3.00 3.70 0.17 1.89 3.18 1.99 1.58	HA-14 40.75 0.62 14.04 1.23 3.60 0.12 1.59 3.14 1.32 1.74	HA-15 46.39 0.95 15.34 3.65 2.87 0.15 2.09 3.59 1.90 1.19	HA-16 47.11 0.82 16.29 3.06 3.66 0.27 2.01 3.22 2.09 1.45	HA-17 51.82 1.00 17.63 5.62 4.18 0.21 2.98 5.92 2.69 1.36	HA-18 49.19 1.24 15.51 5.77 3.33 0.19 4.13 4.02 1.82 1.02
Sample No. 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> Fe <sub>2</sub> O MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O	HA-07 42.64 1.15 15.63 4.29 3.11 0.17 2.54 2.47 1.20 0.83 0.15	HA-08 48.75 1.37 15.20 3.92 3.68 0.17 2.65 3.08 1.72 1.41 0.18	HA-09 52.53 1.24 17.38 5.04 2.39 0.16 2.61 3.41 2.33 1.74 0.14	HA-10 49.75 0.83 18.17 2.78 2.82 0.19 1.39 2.88 2.13 1.87 0.23	HA-11 46.23 0.98 17.34 3.39 3.01 0.13 2.33 3.15 1.70 1.35 0.23	HA-12 53.96 1.20 17.32 4.09 2.01 0.13 2.11 3.66 2.70 1.75 0.17	HA-13 46.96 1.08 16.96 3.00 3.70 0.17 1.89 3.18 1.99 1.58 0.21	HA-14 40.75 0.62 14.04 1.23 3.60 0.12 1.59 3.14 1.32 1.74 0.17	HA-15 46.39 0.95 15.34 3.65 2.87 0.15 2.09 3.59 1.90 1.19 0.17	HA-16 47.11 0.82 16.29 3.06 3.66 0.27 2.01 3.22 2.09 1.45 0.17	HA-17 51.82 1.00 17.63 5.62 4.18 0.21 2.98 5.92 2.69 1.36 0.34	HA-18 49.19 1.24 15.51 5.77 3.33 0.19 4.13 4.02 1.82 1.02 0.15
Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> FeO MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> H <sub>4</sub> O	HA-07 42.64 1.15 15.63 4.29 3.11 0.17 2.54 2.47 1.20 0.83 0.15 7.76	HA-08 48.75 1.37 15.20 3.92 3.68 0.17 2.65 3.08 1.72 1.41 0.18 4.56	HA-09 52.53 1.24 17.38 5.04 2.39 0.16 2.61 3.41 2.33 1.74 0.14 2.75	HA-10 49.75 0.83 18.17 2.78 2.82 0.19 1.39 2.88 2.13 1.87 0.23 3.90	HA-11 46.23 0.98 17.34 3.39 3.01 0.13 2.33 3.15 1.70 1.35 0.23 4.97	HA-12 53.96 1.20 17.32 4.09 2.01 0.13 2.11 3.66 2.70 1.75 0.17 2.62	HA-13 46.96 1.08 16.96 3.00 3.70 0.17 1.89 3.18 1.99 1.58 0.21 6.67	HA-14 40.75 0.62 14.04 1.23 3.60 0.12 1.59 3.14 1.32 1.74 0.17 9.97	HA-15 46.39 0.95 15.34 3.65 2.87 0.15 2.09 3.59 1.90 1.19 0.17 5.80	HA-16 47.11 0.82 16.29 3.06 3.66 0.27 2.01 3.22 2.09 1.45 0.17 4.62	HA-17 51.82 1.00 17.63 5.62 4.18 0.21 2.98 5.92 2.69 1.36 0.34 1.19	HA-18 49.19 1.24 15.51 5.77 3.33 0.19 4.13 4.02 1.82 1.02 0.15 3.57
$\label{eq:starting} \hline \begin{array}{ c c } \hline Sample No. \\ \hline SiO_2(wt.\%) \\ \hline TiO_2 \\ Al_2O_3 \\ FeO \\ MnO \\ MgO \\ CaO \\ Na_2O \\ K_2O \\ P_2O_3 \\ H_2O \\ H_2O \\ H_2O \\ \hline \end{array}$	HA-07 42.64 1.15 15.63 4.29 3.11 0.17 2.54 2.47 1.20 0.83 0.15 7.76 14.83	HA-08 48.75 1.37 15.20 3.92 3.68 0.17 2.65 3.08 1.72 1.41 0.18 4.56 11.99	HA-09 52.53 1.24 17.38 5.04 2.39 0.16 2.61 3.41 2.33 1.74 0.14 2.75 6.63	HA-10 49.75 0.83 18.17 2.78 2.82 0.19 1.39 2.88 2.13 1.87 0.23 3.90 12.06	HA-11 46.23 0.98 17.34 3.39 3.01 0.13 2.33 3.15 1.70 1.35 0.23 4.97 13.73	HA-12 53.96 1.20 17.32 4.09 2.01 0.13 2.11 3.66 2.70 1.75 0.17 2.62 6.83	HA-13 46.96 1.08 16.96 3.00 3.70 0.17 1.89 3.18 1.99 1.58 0.21 6.67 11.90	HA-14 40.75 0.62 14.04 1.23 3.60 0.12 1.59 3.14 1.32 1.74 0.17 9.97 20.75	HA-15 46.39 0.95 15.34 3.65 2.87 0.15 2.09 3.59 1.90 1.19 0.17 5.80 14.33	HA-16 47.11 0.82 16.29 3.06 3.66 0.27 2.01 3.22 2.09 1.45 0.17 4.62 14.36	HA-17 51.82 1.00 17.63 5.62 4.18 0.21 2.98 5.92 2.69 1.36 0.34 1.19 3.69	HA-18 49.19 1.24 15.51 5.77 3.33 0.19 4.13 4.02 1.82 1.02 0.15 3.57 8.58
Sample No           SiO <sub>2</sub> (wt.%)           TiO2           Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> FeO           MnO           MgO           CaO           Na <sub>2</sub> O           K <sub>2</sub> O           P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> H <sub>2</sub> O           Total	HA-07 42.64 1.15 15.63 4.29 3.11 0.17 2.54 2.47 1.20 0.83 0.15 7.76 14.83 96.77	HA-08 48.75 1.37 15.20 3.92 3.68 0.17 2.65 3.08 1.72 1.41 0.18 4.56 11.99 98.68	HA-09 52.53 1.24 17.38 5.04 2.61 2.61 3.41 2.33 1.74 0.14 2.75 6.63 98.35	HA-10 49.75 0.83 18.17 2.78 2.82 0.19 1.39 2.88 2.13 1.87 0.23 3.900 12.06 99.00	HA-11 46.23 0.98 17.34 3.39 3.01 0.13 2.33 3.15 1.70 1.35 0.23 4.97 13.73 98.54	HA-12 53.96 1.20 17.32 4.09 2.01 0.13 2.11 3.66 2.70 1.75 0.17 2.62 6.83 98.55	HA-13 46.96 1.08 16.96 3.00 3.70 0.17 1.89 3.18 1.99 1.58 0.21 6.67 11.90 99.29	HA-14 40.75 0.62 14.04 1.23 3.60 0.12 1.59 3.14 1.32 1.74 0.17 9.97 20.75 99.04	HA-15 46.39 0.95 15.34 3.65 2.09 3.59 1.90 1.19 0.17 5.80 14.33 98.42	HA-16 47.11 0.82 16.29 3.06 3.66 0.27 2.01 3.22 2.09 1.45 0.17 4.62 14.36 99.13	HA-17 51.82 1.00 17.63 5.62 4.18 0.21 2.98 5.92 2.69 1.36 0.34 1.19 3.69 98.63	HA-18 49.19 1.24 15.51 5.77 3.33 0.19 4.13 4.02 1.82 1.02 0.15 3.57 8.58 98.52
$\label{eq:starsest} \begin{array}{c} \hline Sample No.\\ SiO_3(wt\%)\\ TiO_2\\ Al_2O_3\\ FeO\\ MnO\\ MgO\\ CaO\\ Na_2O\\ Na_2O\\ Na_2O\\ Na_2O\\ Na_2O\\ H_2O\\ H_$	HA-07 42.64 1.15 15.63 4.29 3.11 0.17 2.54 2.47 1.20 0.83 0.15 7.76 14.83 96.77	HA-08 48.75 1.37 15.20 3.68 0.17 2.65 3.08 1.72 1.41 0.18 4.56 11.99 98.68	HA-09 52.53 1.24 17.38 5.04 2.39 0.16 2.61 3.41 2.33 1.74 0.14 2.75 6.63 98.35	HA-10 49.75 0.83 18.17 2.78 2.82 2.0.19 1.39 2.88 2.13 1.87 0.23 3.90 12.06 99.00	HA-11 46.23 0.98 17.34 3.39 3.01 0.13 2.33 3.15 1.70 1.35 0.23 4.97 13.73 98.54	HA-12 53.96 1.20 17.32 4.09 2.01 0.13 2.11 3.66 2.70 1.75 0.17 2.62 6.83 98.55	HA-13 46.96 1.08 16.96 3.00 0.17 1.89 3.18 1.99 1.58 0.21 6.67 11.90 9.29	HA-14 40.75 0.62 14.04 1.23 3.60 0.12 1.59 3.14 1.32 1.74 0.17 9.075 99.04	HA-15 46.39 0.95 15.34 3.65 2.87 0.15 2.09 3.59 1.90 0.17 5.80 1.19 0.17 5.80 14.33 98.22 7	HA-16 47.11 0.82 16.29 3.06 0.27 2.01 3.22 2.09 1.45 0.17 4.62 14.36 99.13	HA-17 51.82 1.00 17.63 5.62 4.18 0.21 2.98 5.92 2.69 1.36 0.34 1.19 3.69 98.63	HA-18 49.19 1.24 15.51 5.77 3.33 0.19 4.13 4.02 1.82 1.02 0.15 3.57 8.58 98.52
Sample No. SiO <sub>3</sub> (wt%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> FeO MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O Total Ba	HA-07 42.64 1.15 15.63 4.29 3.11 0.17 2.54 2.47 1.20 0.83 0.15 7.76 14.83 96.77 9 9	HA-08 48.75 1.37 15.20 3.68 0.17 2.65 3.08 1.72 1.41 0.18 4.56 11.99 98.68 6 397	HA-09 52.53 1.24 17.38 5.04 2.39 0.16 2.61 3.41 2.33 1.74 0.14 2.75 6.63 98.35 4	HA-10 49.75 0.83 18.17 2.78 2.82 0.19 1.39 2.88 2.13 1.87 0.23 3.90 12.06 99.00 5 338	HA-11 46.23 0.98 17.34 3.39 3.01 0.13 2.33 3.15 1.70 1.35 0.23 4.97 13.73 98.54 5 5	HA-12 53.96 1.20 17.32 4.09 2.01 0.13 2.11 3.66 2.70 1.75 0.17 2.62 6.83 98.55 5 5	HA-13 46.96 1.08 16.96 3.00 3.70 0.17 1.89 3.18 1.99 1.58 0.21 6.67 11.90 99.29 5 5	HA-14 40.75 0.62 14.04 1.23 3.60 0.12 1.59 3.14 1.32 1.74 0.17 9.97 20.75 99.04	HA-15 46.39 0.95 15.34 3.65 2.87 0.15 2.09 3.59 1.90 0.17 5.80 1.19 0.17 5.80 14.33 98.42 7 361	HA-16 47.11 0.82 16.29 3.06 3.66 0.27 2.01 3.22 2.09 1.45 0.17 4.62 14.36 99.13 13 268	HA-17 51.82 1.00 17.63 5.62 4.18 0.21 2.98 5.92 2.69 1.36 0.34 1.19 3.69 98.63 <4	HA-18 49.19 1.24 15.51 5.77 3.33 0.19 4.13 4.02 1.82 1.02 0.15 3.57 8.58 98.52 4 458
Sample No. SiO <sub>3</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 CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O P <sub>1</sub> O <sub>5</sub> H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O <sup>5</sup> H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O <sup>5</sup> Total Ba Co	HA-07 42.64 1.15 15.63 4.29 3.11 0.17 2.54 2.47 1.20 0.83 0.15 7.76 14.83 96.77 9 438 14	HA-08 48.75 1.37 15.20 3.92 3.68 0.17 2.65 3.08 1.72 1.41 0.18 4.56 11.99 98.68 6 397 12	HA-09 52.53 1.24 17.38 5.04 2.39 0.16 2.61 3.41 2.33 1.74 0.14 2.75 6.63 98.35 4 415	HA-10 49.75 0.83 18.17 2.78 2.82 0.19 1.39 2.88 2.13 1.87 0.23 3.90 12.06 99.00 5 338 18	HA-11 46.23 0.98 17.34 3.39 3.01 0.13 2.33 3.15 1.70 1.35 0.23 4.97 13.73 98.54 5 351 13	HA-12 53.96 1.20 17.32 4.09 2.01 0.13 2.11 3.66 2.70 1.75 0.17 2.62 6.83 98.55 5 451 9	HA-13 46.96 1.08 16.96 3.00 0.17 1.89 3.18 1.99 1.58 0.21 6.67 11.90 99.29 5 405	HA-14 40.75 0.62 14.04 1.23 3.60 0.12 1.59 3.14 1.32 1.74 0.17 9.97 20.75 99.04 5 364 20	HA-15 46.39 0.95 15.34 3.65 2.87 0.15 2.09 3.59 1.90 1.19 0.17 5.80 14.33 98.42 7 361 11	HA-16 47.11 0.82 16.29 3.06 0.27 2.01 3.22 2.09 1.45 0.17 4.62 14.36 99.13 13 268 12	HA-17 51.82 1.00 17.63 5.62 4.18 0.21 2.98 2.69 1.36 0.34 1.19 3.69 98.63 <4 275 18	HA-18 49.19 1.24 15.51 5.77 3.33 0.19 4.13 4.02 1.82 1.02 0.15 3.57 8.58 98.52 4 458 23
Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> FeO MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O Total As(ppm) Ba Co Co	HA-07 42.64 1.15 15.63 4.29 3.11 0.17 2.54 2.47 1.20 0.83 0.15 7.76 1.4.83 96.77 9 438 14	HA-08 48.75 1.37 15.20 3.92 3.68 0.17 2.65 3.08 1.72 1.41 0.18 4.56 11.99 98.68 6 397 12 28	HA-09 52.53 1.24 17.38 5.04 2.39 0.16 2.61 3.41 2.33 1.74 0.14 2.73 6.63 98.35 4 415 14 48	HA-10 49.75 0.83 18.17 2.78 2.82 0.19 1.39 2.88 2.13 1.87 0.23 3.90 12.06 99.00 5 338 18 32	HA-11 46.23 0.98 17.34 3.39 3.01 0.13 2.33 3.15 1.70 1.35 0.23 4.97 13.73 98.54 5 351 13 30	HA-12 53.96 1.20 17.32 4.09 2.01 0.13 2.11 3.66 2.70 1.75 0.17 2.62 6.83 98.55 5 451 9 24	HA-13 46.96 1.08 16.96 3.00 0.17 1.89 3.18 1.99 1.58 0.21 6.67 11.90 99.29 5 405 10	HA-14 40.75 0.62 14.04 1.23 3.60 0.12 1.59 3.14 1.32 1.74 0.17 9.97 20.75 99.04 5 364 20 49	HA-15 46.39 0.95 15.34 3.65 2.87 0.15 2.09 3.59 1.90 1.19 0.17 5.80 14.33 98.42 7 361 11 35	HA-16 47.11 0.82 16.29 3.06 0.27 2.01 3.22 2.09 1.45 0.17 4.62 14.36 99.13 13 268 12 49	HA-17 51.82 1.00 17.63 5.62 4.18 0.21 2.98 5.92 2.69 1.36 0.34 1.19 3.69 98.63 <4 275 18 80	HA-18 49.19 1.24 15.51 5.77 3.33 0.19 4.13 4.02 1.82 1.02 0.15 3.57 8.58 98.52 4 458 23 73
Sample No           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> Fe <sub>2</sub> O           MnO           MgO           CaO           Na <sub>2</sub> O           K <sub>2</sub> O           P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> H <sub>2</sub> O           Total           As(ppm)           Ba           Co           Cr           Cu	HA-07 42.64 1.15 15.63 4.29 3.11 0.17 2.54 2.47 1.20 0.83 0.15 7.76 14.83 96.77 9 438 14 52 22	HA-08 48.75 1.37 15.20 3.92 3.68 0.17 2.65 3.08 1.72 1.41 0.18 4.56 11.99 98.68 6 397 12 28 27	HA-09 52.53 1.24 17.38 5.04 2.39 0.16 2.61 3.41 2.33 1.74 0.14 2.75 6.63 98.35 4 415 14 48 20	HA-10 49.75 0.83 18.17 2.78 2.82 0.19 1.39 2.88 2.13 1.87 0.23 3.90 12.06 99.00 5 338 18 32 11	HA-11 46.23 0.98 17.34 3.30 0.13 2.33 3.15 1.70 1.35 0.23 4.97 13.73 98.54 5 351 13 30 16	HA-12 53.96 1.20 17.32 4.09 2.01 0.13 2.11 3.66 2.70 1.75 0.17 2.62 6.83 98.55 5 451 9 24	HA-13 46.96 1.08 16.96 3.00 0.17 1.89 3.18 1.99 1.58 0.21 6.67 11.90 99.29 5 405 10 19 11	HA-14 40.75 0.62 14.04 1.23 3.60 0.12 1.59 3.14 1.32 1.74 0.17 9.97 20.75 99.04 5 364 20 49 62	HA-15 46.39 0.95 15.34 3.65 2.87 0.15 2.09 3.59 1.90 1.19 0.17 5.80 98.42 7 361 11 35 16	HA-16 47.11 0.82 16.29 3.06 0.27 2.01 3.22 2.09 1.45 0.17 4.62 14.36 99.13 13 268 12 49 10	HA-17 51.82 1.00 17.63 5.62 4.18 0.21 2.98 5.92 2.69 1.36 0.34 1.19 3.69 98.63 <4 275 18 80 8	HA-18 49.19 1.24 15.51 5.77 3.33 0.19 4.13 4.02 1.82 1.02 0.15 3.57 8.58 98.52 4 458 23 73 5
Sample No. SIO <sub>3</sub> (wt%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> FeO MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O CaO CaO CaO CaO CaO CaO CaO CaO CaO Ca	HA-07 42.64 1.15 15.63 4.29 3.11 0.17 2.54 2.47 1.20 0.83 0.15 7.76 14.83 96.77 9 438 14 52 22 22 21 9	HA-08 48.75 1.37 15.20 3.92 3.68 0.17 2.65 3.08 1.72 1.41 0.18 4.56 11.99 98.68 6 397 12 28 27 12	HA-09 52.53 1.24 17.38 5.04 2.39 0.16 2.61 3.41 2.33 1.74 0.14 2.75 6.63 98.35 4 415 4415 14 48 20	HA-10 49.75 0.83 18.17 2.78 2.82 0.19 1.39 2.88 2.13 1.87 0.23 3.90 12.06 99.00 5 338 18 32 11 120	HA-11 46.23 0.98 17.34 3.39 3.01 0.13 2.33 3.15 1.70 1.35 0.23 4.97 13.73 98.54 5 5 351 13 30 16 23	HA-12 53.96 1.20 17.32 4.09 2.01 0.13 2.11 3.66 2.70 1.75 0.17 2.62 6.83 98.55 5 451 9 9 24 16 21	HA-13 46.96 1.08 16.96 3.00 0.17 1.89 3.18 1.99 1.58 0.21 6.67 11.90 99.29 5 405 10 19 11 22	HA-14 40.75 0.62 14.04 1.23 3.60 0.12 1.59 3.14 1.32 1.74 0.17 9.97 20.75 99.04 5 364 20 49 62 19	HA-15 46.39 0.95 15.34 3.65 2.87 0.15 2.09 3.59 1.90 1.19 0.17 5.80 14.33 98.42 7 7 361 11 35 16 24	HA-16 47.11 0.82 16.29 3.06 3.66 0.27 2.01 3.22 2.09 1.45 0.17 4.62 14.36 99.13 13 268 12 49 10 18	HA-17 51.82 1.00 17.63 5.62 4.18 0.21 2.98 5.92 2.69 1.36 0.34 1.19 3.69 98.63 <4 275 18 80 8 8 80 8	HA-18 49,19 1.24 15.51 5.77 3.33 0.19 4.13 4.02 1.82 1.02 0.15 3.57 8.58 98.52 4 458 23 73 5 5
Sample No. SIO <sub>3</sub> (wt%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> FeO MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O Total As(ppm) Ba Co Cr Cu Ga Nb	HA-07 42.64 1.15 15.63 4.29 3.11 0.17 2.54 2.47 1.20 0.83 0.15 7.76 14.83 96.77 9 438 14 52 22 19 19	HA-08 48.75 1.37 15.20 3.92 3.68 0.17 2.65 3.08 1.72 1.41 0.18 4.56 11.99 98.68 6 397 12 28 27 21 15	HA-09 52.53 1.24 17.38 5.04 2.39 0.16 2.61 3.41 2.33 1.74 0.14 2.75 6.63 98.35 4 415 14 48 20 20 20	HA-10 49.75 0.83 18.17 2.78 2.82 0.19 1.39 2.88 2.13 1.87 0.23 3.90 12.06 99.00 5 338 18 32 11 20 35	HA-11 46.23 0.98 17.34 3.39 3.01 0.13 2.33 3.15 1.70 1.35 0.23 4.97 13.73 98.54 5 351 13 30 16 23 30 16 23	HA-12 53.96 1.20 17.32 4.09 2.01 0.13 2.11 3.66 2.70 1.75 0.17 2.62 6.83 98.55 5 451 9 24 16 21	HA-13 46.96 1.08 16.96 3.00 0.17 1.89 3.18 1.99 1.58 0.21 6.67 11.90 99.29 5 405 10 19 11 22 17	HA-14 40.75 0.62 14.04 1.23 3.60 0.12 1.59 3.14 1.32 1.74 0.17 9.97 20.75 99.04 5 364 20 49 62 20 49 62 17	HA-15 46.39 0.95 15.34 3.65 2.87 0.15 2.09 3.59 1.90 1.19 0.17 5.80 14.33 98.42 7 361 11 35 16 24 18	HA-16 47.11 0.82 16.29 3.06 0.27 2.01 3.22 2.09 1.45 0.17 4.62 14.36 99.13 13 268 12 49 10 18 13	HA-17 51.82 1.00 17.63 5.62 4.18 0.21 2.98 1.36 0.34 1.19 3.69 98.63 <4 275 18 80 8 91 9 14	HA-18 49.19 1.24 15.51 5.77 3.33 0.19 4.13 4.02 1.82 1.02 0.15 3.57 8.58 98.52 4 458 23 73 5 19 73
Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> FeO MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O Total As(ppm) Ba Co Cr Cu Ga Nb	HA-07 42.64 1.15 15.63 4.29 3.11 0.17 2.54 2.47 1.20 0.83 0.15 7.76 0.83 96.77 9 438 14 52 22 19 14 29	HA-08 48.75 1.37 15.20 3.92 3.68 0.17 2.65 3.08 1.72 1.41 0.18 4.56 11.99 98.68 6 397 12 28 27 21 15 16	HA-09 52.53 1.24 17.38 5.04 2.39 0.16 2.61 3.41 2.33 1.74 0.14 2.75 6.63 98.35 4 415 14 415 14 48 20 20 17 23	HA-10 49.75 0.83 18.17 2.78 2.82 0.19 1.39 2.88 2.13 1.87 0.23 3.90 12.06 99.00 5 338 18 32 11 20 35 6	HA-11 46.23 0.98 17.34 3.30 0.13 2.33 3.15 1.70 1.35 0.23 4.97 13.73 98.54 5 351 13 30 16 23 30 16 23 19 14	HA-12 53.96 1.20 17.32 4.09 2.01 0.13 2.11 3.66 2.70 1.75 0.17 2.62 6.83 98.55 5 451 9 9 24 16 21 16 11	HA-13 46.96 1.08 16.96 3.00 0.17 1.89 3.18 1.99 1.58 0.21 6.67 11.90 99.29 5 405 10 19 11 22 17 8	HA-14 40.75 0.62 14.04 1.23 3.60 0.12 1.59 3.14 1.32 1.74 0.17 9.97 20.75 99.04 5 364 20 62 19 49 62 19 17 20	HA-15 46.39 0.95 15.34 3.65 2.87 0.15 2.09 3.59 1.90 1.19 0.17 5.80 14.33 98.42 7 361 11 35 16 24 18 14	HA-16 47.11 0.82 16.29 3.06 0.27 2.01 3.22 2.09 1.45 0.17 4.62 14.36 99.13 13 268 12 49 10 18 13 16	HA-17 51.82 1.00 17.63 5.62 4.18 0.21 2.98 5.92 2.69 1.36 0.34 1.19 3.69 98.63 <4 275 18 80 8 8 19 14 22	HA-18 49.19 1.24 15.51 5.77 3.33 0.19 4.13 4.02 1.82 1.02 0.15 3.57 8.58 98.52 4 458 23 73 5 19 73 9
Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> FeO MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O P <sub>3</sub> O <sub>5</sub> H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O P <sub>3</sub> O <sub>5</sub> H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O Co Cr Co Cr Cu Ga Nb Ni Pb	HA-07 42.64 1.15 15.63 4.29 3.11 0.17 2.54 2.47 1.20 0.83 0.15 7.76 0.83 0.15 7.76 14.83 96.77 9 438 14 52 22 19 14 29 21	HA-08 48.75 1.37 15.20 3.68 0.17 2.65 3.08 1.72 1.41 0.18 4.56 11.99 98.68 6 397 12 28 27 21 15 16 29	HA-09 52.53 1.24 17.38 5.04 2.39 0.16 2.61 3.41 2.33 1.74 0.14 2.75 6.63 98.35 4 415 14 48 20 20 17 23 26	HA-10 49.75 0.83 18.17 2.78 2.82 0.19 1.39 2.88 2.13 1.87 0.23 3.90 12.06 99.00 5 338 18 32 11 20 35 6 22	HA-11 46.23 0.98 17.34 3.39 3.01 0.13 2.33 3.15 1.70 1.35 0.23 4.97 13.73 98.54 5 351 13 30 16 23 19 14 29	HA-12 53.96 1.20 17.32 4.09 2.01 0.13 2.11 3.66 2.70 1.75 0.17 2.62 6.83 98.55 5 451 9 24 16 21 16 21 16 11 27	HA-13 46.96 1.08 16.96 3.00 0.17 1.89 3.18 1.99 1.58 0.21 6.67 11.90 99.29 5 405 10 19 11 22 17 8 24	HA-14 40.75 0.62 14.04 1.23 3.60 0.12 1.59 3.14 1.32 1.74 0.17 9.97 20.75 99.04 5 364 20 49 62 19 17 20 71	HA-15 46.39 0.95 15.34 3.65 2.87 0.15 2.09 3.59 1.90 1.19 0.17 5.80 1.43 3 98.42 7 361 11 35 16 24 18 14 31	HA-16 47.11 0.82 16.29 3.06 0.27 2.01 3.22 2.09 1.45 0.17 4.62 14.36 99.13 13 268 12 49 10 18 13 16 23	HA-17 51.82 1.00 17.63 5.62 4.18 0.21 2.98 5.92 2.69 1.36 0.34 1.19 3.69 98.63 <4 275 18 80 8 8 19 14 22 12	HA-18 49.19 1.24 15.51 5.77 3.33 0.19 4.13 4.02 1.82 1.02 0.15 3.57 8.58 98.52 4 458 23 73 5 19 73 9 16
Sample No. SIO <sub>3</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> FeO MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O Cal Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O CaO Ca Ca Ca Ca Ca Ca Ca Sa Ca Sa Ca Sa Sa Sa Sa Sa Sa Sa Sa Sa Sa Sa Sa Sa	HA-07 42.64 1.15 15.63 4.29 3.11 0.17 2.54 2.47 1.20 0.83 0.15 7.76 14.83 96.77 9 438 14 52 22 21 9 9	HA-08 48.75 1.37 15.20 3.92 3.68 0.17 2.65 3.08 1.72 1.41 0.18 4.56 11.99 98.68 6 397 12 28 27 21 15 16 29 127	HA-09 52.53 1.24 17.38 5.04 2.39 0.16 2.61 3.41 2.33 1.74 0.14 2.75 6.63 98.35 4 415 14 445 14 48 20 17 23 26 122	HA-10 49.75 0.83 18.17 2.78 2.82 0.19 1.39 2.88 2.13 1.87 0.23 3.90 12.06 99.00 5 338 18 32 11 120 5 6 20 35 6 22 89	HA-11 46.23 0.98 17.34 3.39 3.01 0.13 2.33 3.15 1.70 1.35 0.23 4.97 13.73 98.54 5 351 13 30 16 23 19 14 29 133	HA-12 53.96 1.20 17.32 4.09 2.01 0.13 2.11 3.66 2.70 1.75 0.17 2.62 6.83 98.55 5 5 451 9 24 16 21 16 11 127 124	HA-13 46.96 1.08 16.96 3.00 0.17 1.89 3.18 1.99 1.58 0.21 6.67 11.90 99.29 5 405 10 19 11 22 17 8 8 24 122	HA-14 40.75 0.62 14.04 1.23 3.60 0.12 1.59 3.14 1.32 1.74 0.17 9.97 20.75 99.04 5 364 20 49 62 19 17 20 71 89	HA-15 46.39 0.95 15.34 3.65 2.87 0.15 2.09 3.59 1.90 1.19 0.17 5.80 14.33 98.42 7 361 11 35 16 24 18 14 14	HA-16 47.11 0.82 16.29 3.06 3.66 0.27 2.01 3.22 2.09 1.45 0.17 4.62 14.36 99.13 13 268 12 49 10 18 13 16 23 43	HA-17 51.82 1.00 17.63 5.62 4.18 0.21 2.98 1.36 0.34 1.19 3.69 98.63 <4 2.75 18 80 8 8 19 14 22 2.8	HA-18 49,19 1.24 15.51 5.77 3.33 0.19 4.13 4.02 1.82 1.02 0.15 3.57 8.58 98.52 4 458 23 73 5 5 19 73 9 10 52
Sample No. SIO <sub>3</sub> (wt%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> FeO MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O S CaO S S	HA-07 42.64 1.15 15.63 4.29 3.11 0.17 2.54 2.47 1.20 0.83 0.15 7.76 14.83 96.77 9 438 96.77 9 438 14 52 22 19 14 29 21 19 193	HA-08 48.75 1.37 15.20 3.92 3.68 0.17 2.65 3.08 1.72 1.41 0.18 4.56 11.99 98.68 6 397 12 28 27 21 15 16 29 21 15 16 29 21 15 16 29	HA-09 52.53 1.24 17.38 5.04 2.39 0.16 2.61 3.41 2.33 1.74 0.14 2.75 6.63 98.35 4 415 4415 14 48 20 20 117 23 26 (122 375	HA-10 49.75 0.83 18.17 2.78 2.82 0.19 1.39 2.88 2.13 1.87 0.23 3.90 12.06 99.00 5 5 338 18 32 11 20 35 6 22 28 89 253	HA-11 46.23 0.98 17.34 3.39 3.01 0.13 2.33 3.15 1.70 1.35 0.23 4.97 13.73 98.54 5 351 13 30 16 23 19 14 29 133 521	HA-12 53.96 1.20 17.32 4.09 2.01 0.13 2.11 3.66 2.70 1.75 0.17 2.62 6.83 98.55 5 451 9 24 16 21 16 11 27 124 410	HA-13 46.96 1.08 16.96 3.00 0.17 1.89 1.58 0.21 6.67 11.90 99.29 5 405 5 405 5 400 10 19 11 22 17 8 24 122 249	HA-14 40.75 0.62 14.04 1.23 3.60 0.12 1.59 3.14 1.32 1.74 0.17 9.97 20.75 99.04 5 364 20 49 62 19 17 20 71 89 600	HA-15 46.39 0.95 15.34 3.65 2.87 0.15 2.09 3.59 1.90 1.19 0.17 5.80 14.33 98.42 7 361 11 35 16 24 18 14 31 14 44	HA-16 47.11 0.82 16.29 3.06 0.27 2.01 3.22 2.09 1.45 0.17 4.62 14.36 99.13 13 268 12 49 10 18 13 16 23 43 439	HA-17 51.82 1.00 17.63 5.62 4.18 0.21 2.99 1.36 0.34 1.19 3.69 98.63 <4 275 880 8 80 8 19 14 22 12 18 80 8 8	HA-18 49.19 1.24 15.51 5.77 3.33 0.19 4.13 4.02 1.82 1.02 0.15 3.57 8.58 98.52 4 458 23 73 5 19 73 9 10 52 116
Sample No. SIO <sub>3</sub> (wt/%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>5</sub> FeO MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O <sup>5</sup> H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O <sup>5</sup> Total As(ppm) Ba Co Cr Cr Cu Ga Nb Ni Pb Rb S Sr	HA-07 42.64 1.15 15.63 4.29 3.11 0.17 2.54 2.47 1.20 0.83 0.15 7.76 14.83 96.77 9 438 14 52 22 19 438 14 52 22 19 14 29 21 9 9 9	HA-08 48.75 1.37 15.20 3.92 3.68 0.17 2.65 3.08 1.72 1.41 0.18 4.56 51 1.99 98.68 6 397 12 28 27 21 15 16 29 127 571 143	HA-09 52.53 1.24 17.38 5.04 2.39 0.16 2.61 3.41 2.33 1.74 0.14 2.75 6.63 98.35 4 415 14 48 20 20 20 17 23 26 122 375 151	HA-10 49.75 0.83 18.17 2.78 2.82 0.19 1.39 2.88 2.13 1.87 0.23 3.90 12.06 99.00 5 338 18 32 11 20 35 6 22 89 9253 163	HA-11 46.23 0.98 17.34 3.30 0.13 2.33 3.15 1.70 1.35 0.23 4.97 13.73 98.54 5 351 13 30 16 23 30 16 23 19 14 29 133 521 138	HA-12 53.96 1.20 17.32 4.09 2.01 0.13 2.11 3.66 2.70 1.75 0.17 2.62 6.83 98.55 5 451 9 24 16 21 16 21 16 21 16 21 16 21 16 21 16 21 157	HA-13 46.96 1.08 16.96 3.00 0.17 1.89 3.18 1.99 1.58 0.21 6.67 11.90 99.29 5 405 10 19 11 22 17 8 24 249 174	HA-14 40.75 0.62 14.04 1.23 3.60 0.12 1.59 3.14 1.32 1.74 0.17 9.97 20.75 99.04 5 364 20 49 62 19 62 19 17 20 71 89 600 138	HA-15 46.39 0.95 15.34 3.65 2.87 0.15 2.09 3.59 1.90 1.19 0.17 5.80 14.33 98.42 7 361 11 35 16 24 8 42 11 13 5 16 24 18 14 31 14 479 131	HA-16 47.11 0.82 16.29 3.06 0.27 2.01 3.22 2.09 1.45 0.17 4.62 14.36 99.13 13 268 12 49 10 18 13 16 23 43 9 284	HA-17 51.82 1.00 17.63 5.62 4.18 0.21 2.98 5.92 2.69 1.36 0.34 1.19 3.69 98.63 <4 275 18 80 8 8 19 14 22 12 28 80 8 19 14 22 12 28 80 8	HA-18 49.19 1.24 15.51 5.77 3.33 0.19 4.13 4.02 1.82 1.02 0.15 3.57 8.58 98.52 4 458 23 73 5 19 73 5 19 73 9 16 52 116 211
Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> FeO MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O Total As(ppm) Ba Co Cr Cu Ga Nb Ni Pb Rb S Sr Th	HA-07 42.64 1.15 15.63 4.29 3.11 0.17 2.54 2.47 1.20 0.83 0.15 7.76 0.83 0.15 7.76 14.83 96.77 9 438 14 45 22 22 19 14 29 21 99 193 175 11	HA-08 48.75 1.37 15.20 3.92 3.68 0.17 2.65 3.08 1.72 1.41 0.18 4.56 11.99 98.68 6 397 12 28 27 21 15 6 29 22 21 15 16 29 127 571 143 16	HA-09 52.53 1.24 17.38 5.04 2.39 0.16 2.61 3.41 2.33 1.74 0.14 2.75 6.63 98.35 4 415 14 48 20 20 17 23 26 122 375 151 27	HA-10 49.75 0.83 18.17 2.78 2.82 0.19 1.39 2.88 2.13 1.87 0.23 3.90 12.06 99.00 5 338 18 32 11 20 5 338 18 32 11 20 35 6 22 89 25 3 163 25	HA-11 46.23 0.98 17.34 3.30 0.13 2.33 3.15 1.70 1.35 0.23 4.97 13.73 98.54 5 351 13 30 16 23 30 16 23 19 14 29 133 521 138 20	HA-12 53.96 1.20 17.32 4.09 2.01 0.13 2.11 3.66 2.70 1.75 0.17 2.62 6.83 98.55 5 451 9 9 24 16 21 16 21 16 21 16 157 16	HA-13 46.96 1.08 16.96 3.00 0.17 1.89 3.18 1.99 1.58 0.21 6.67 11.90 99.29 5 405 10 99.29 5 405 10 19 11 22 17 8 24 122 249 174 14	HA-14 40.75 0.62 14.04 1.23 3.60 0.12 1.59 3.14 1.32 1.74 0.17 9.97 20.75 99.04 5 364 20 62 19 62 19 17 20 71 89 600 138 11	HA-15 46.39 0.95 15.34 3.65 2.87 0.15 2.09 3.59 1.90 1.19 0.17 5.80 14.33 98.42 7 361 11 35 16 24 18 14 31 144 479 131 20	HA-16 47.11 0.82 16.29 3.06 0.27 2.01 3.22 2.09 1.45 0.17 4.62 14.36 99.13 13 268 12 49 10 18 13 16 23 43 439 284 6	HA-17 51.82 1.00 17.63 5.62 4.18 0.21 2.98 5.92 2.69 1.36 0.34 1.19 98.63 <4 275 18 80 8 8 19 14 22 12 28 183 423 <4	HA-18 49.19 1.24 15.51 5.77 3.33 0.19 4.13 4.02 1.82 1.02 0.15 3.57 8.58 98.52 4 458 23 73 5 19 73 73 5 19 73 9 16 52 116 52 116 211 9
Sample No. SIO <sub>2</sub> (wt%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> FeO MnO MgO CaO Na <sub>i</sub> O K <sub>2</sub> O P <sub>2</sub> O <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O Total As(ppm) Ba Co Cr Cu Ga Nb Ni Pb Rb S Sr Th V	HA-07 42.64 1.15 15.63 4.29 3.11 0.17 2.54 4.247 1.20 0.83 0.15 7.76 14.83 96.77 9 438 14 52 22 99 14 21 99 14 21 99 193 175 11 98	HA-08 48.75 1.37 15.20 3.92 3.68 0.17 2.65 3.08 1.72 1.41 0.18 4.56 11.99 98.68 6 397 12 28 6 397 12 28 27 21 15 16 29 127 571 143 16 79	HA-09 52.53 1.24 17.38 5.04 2.39 0.16 2.61 3.41 2.33 1.74 0.14 2.75 6.63 98.35 4 415 14 445 14 48 20 17 23 26 122 375 151 127 82	HA-10 49.75 0.83 18.17 2.78 2.82 0.19 1.39 2.88 2.13 1.87 3.90 12.06 99.00 5 338 18 32 11 20 35 6 22 89 253 163 25 177	HA-11 46.23 0.98 17.34 3.39 3.01 0.13 2.33 3.15 1.70 1.35 0.23 4.97 13.73 98.54 5 5 351 13 30 16 23 19 14 4.29 133 521 138 20 85	HA-12 53.96 1.20 17.32 4.09 2.01 0.13 2.11 3.66 2.70 1.75 0.17 2.62 6.83 98.55 5 451 9 24 16 21 16 11 27 124 410 157 16 67	HA-13 46.96 1.08 16.96 3.00 0.17 1.89 3.18 1.99 1.58 0.21 6.67 11.90 99.29 5 405 10 19 11 22 17 8 8 24 122 249 174 14 71	HA-14 40.75 0.62 14.04 1.23 3.60 0.12 1.59 3.14 1.32 1.74 0.17 9.97 20.75 99.04 5 5 364 20 49 62 19 17 20 71 89 600 138 11 145	HA-15 46.39 0.95 15.34 3.65 2.87 0.15 2.09 3.59 1.90 1.19 0.19 7 5.80 14.33 98.42 7 361 11 35 16 24 18 14 431 144 479 131 20 64	HA-16 47.11 0.82 16.29 3.06 3.66 0.27 2.01 3.22 2.09 1.45 0.17 4.62 14.36 99.13 13 268 12 49 10 18 13 16 23 43 439 284 6 104	HA-17 51.82 1.00 17.63 5.62 4.18 0.21 2.98 1.36 0.34 1.19 3.69 98.63 <4 275 18 80 8 8 19 14 22 275 18 80 8 19 14 22 22 12 28 183 423 <4 170	HA-18 49,19 1.24 15.51 5.77 3.33 0.19 4.13 4.02 1.82 1.02 0.15 3.57 8.58 98.52 4 458 23 73 5 5 19 73 9 9.16 52 116 211 9 227
Sample No. SIO <sub>3</sub> (wt%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> FeO MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O <sup>*</sup> Total As(ppm) Ba Co Co Cr Cu Ga Nb Ni Pb Rb S Sr Th V Y	HA-07 42.64 1.15 15.63 4.29 3.11 0.17 2.54 2.47 1.20 0.83 0.15 7.76 14.83 96.77 9 438 96.77 9 438 14 52 22 19 14 29 21 14 29 21 19 14 29 21 19 3 175 11 98 29	HA-08 48.75 1.37 15.20 3.92 3.68 0.17 2.65 3.08 1.72 1.41 0.18 4.56 11.99 98.68 6 397 12 28 27 21 15 16 29 28 27 21 15 16 29 21 15 16 29 36	$\begin{array}{c} \text{HA-09} \\ \hline 52.53 \\ 1.24 \\ 17.38 \\ 5.04 \\ 2.39 \\ 0.16 \\ 2.611 \\ 3.411 \\ 2.33 \\ 1.74 \\ 0.14 \\ 2.75 \\ 6.63 \\ 98.35 \\ \hline 4 \\ 415 \\ 48 \\ 20 \\ 20 \\ 117 \\ 23 \\ 26 \\ 122 \\ 375 \\ 151 \\ 27 \\ 82 \\ 40 \\ \end{array}$	HA-10 49.75 0.83 18.17 2.78 2.82 0.19 1.39 2.88 2.13 1.87 0.23 3.90 12.06 99.00 5 338 3.90 12.06 99.00 5 5 338 18 32 11 20 35 6 22 20 35 6 22 89 253 163 25 177 50	HA-11 46.23 0.98 17.34 3.39 3.01 0.13 2.33 3.15 1.70 1.35 0.23 4.97 13.73 98.54 5 5 351 13 30 16 23 19 14 29 133 521 138 20 85 43	HA-12 53.96 1.20 17.32 4.09 2.01 0.13 2.11 3.66 2.70 1.75 0.17 2.62 6.83 98.55 5 451 9 24 16 21 16 11 27 124 410 157 16 67 36	HA-13 46.96 1.08 16.96 3.00 3.70 0.17 1.89 1.58 0.21 1.6.67 11.90 99.29 5 405 5 405 5 10 19 11 22 17 8 24 9 117 8 24 9 117 8 24 9 174 14 71 41	HA-14 40.75 0.62 14.04 1.23 3.60 0.12 1.59 3.14 1.32 1.74 0.17 9.97 20.75 99.04 5 364 20 49 62 19 17 20 71 89 600 138 11 145 366	HA-15 46.39 0.95 15.345 2.87 0.15 2.09 3.59 1.90 1.19 0.17 5.80 14.33 98.42 7 361 11 35 16 24 18 14 11 35 16 24 18 14 479 131 20 64 47	HA-16 47.11 0.82 16.29 3.06 0.27 2.01 3.22 2.09 1.45 0.17 4.62 14.36 99.13 13 268 12 49 10 18 13 16 23 43 439 284 6 104 14	HA-17 51.82 1.00 17.63 5.62 4.18 0.21 2.98 5.92 2.69 1.36 0.34 1.19 3.69 98.63 <4 275 18 80 8 19 14 22 12 18 80 8 19 14 22 8 18 3 423 <4 170 12	HA-18 49.19 1.24 15.51 5.77 3.33 0.19 4.13 4.02 1.82 1.02 0.15 3.57 8.58 98.52 4 4 5 5 98.52 4 4 5 19 73 9 16 52 116 211 9 227 37 37
Sample No. SIO <sub>3</sub> (wt%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> FeO MnO MgO CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O <sup>5</sup> H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O <sup>5</sup> H <sub>2</sub> O CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> H <sub>2</sub> O CaO CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O CaO Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O Total Ba Co Cr Cu Ga Nb Ni Pb Rb S Sr Th V Y Zn	HA-07 42.64 1.15 15.63 4.29 3.11 0.17 2.54 2.47 1.20 0.83 0.15 7.76 14.83 96.77 9 438 14 52 22 19 9 438 14 52 22 19 9 103	HA-08 48.75 1.37 15.20 3.92 3.68 0.17 2.65 3.08 1.72 1.41 0.18 4.56 11.99 98.68 6 397 12 28 27 21 15 16 29 127 571 15 16 29 127 571 143 16 79 36 164	HA-09 52.53 1.24 17.38 5.04 2.39 0.16 2.61 3.41 2.33 1.74 0.14 2.75 6.63 98.35 4 415 14 48 20 20 20 20 217 23 26 122 375 151 27 82 40 118	HA-10 49.75 0.83 18.17 2.78 2.82 0.19 1.39 2.88 2.13 1.87 0.23 3.90 12.06 99.00 5 5 338 18 32 11 20 5 5 338 18 32 11 20 5 5 335 6 22 89 253 163 25 177 50 123	HA-11 46.23 0.98 17.34 3.39 3.01 0.13 2.33 3.15 1.70 1.35 0.23 4.97 13.73 98.54 5 351 13 30 16 23 30 16 23 30 16 23 30 16 23 30 16 23 30 14 29 13 30 221 138 20 85 43 129	HA-12 53.96 1.20 17.32 4.09 2.01 0.13 2.11 3.66 2.70 1.75 0.17 2.62 6.83 98.55 5 451 9 24 16 21 16 21 16 11 27 124 410 157 16 67 36 116	HA-13 46.96 1.08 16.96 3.00 0.17 1.89 3.18 1.99 1.58 0.21 6.67 11.90 99.29 5 405 10 19 11 22 17 8 24 12 249 174 14 122 249	HA-14 40.75 0.62 14.04 1.23 3.60 0.12 1.59 3.14 1.32 1.74 0.17 9.97 20.75 99.04 5 364 20 49 62 19 62 17 20 71 89 600 138 11 145 366 309 20 20	HA-15 46.39 0.95 15.34 3.65 2.87 0.15 2.09 3.59 1.90 1.19 0.17 5.80 14.33 98.42 7 361 11 35 16 24 7 361 11 35 16 24 18 14 479 131 20 64 47 131	HA-16 47.11 0.82 16.29 3.06 0.27 2.01 3.22 2.09 1.45 0.17 4.62 14.36 99.13 13 268 12 49 10 18 13 16 23 43 9 284 6 104 14 9 3 3	HA-17 51.82 1.00 17.63 5.62 4.18 0.21 2.98 2.69 1.36 0.34 1.19 3.69 98.63 <4 275 18 80 8 8 19 98.63 <4 275 18 80 8 19 14 22 12 28 183 423 <4 170 12 90 0 90 0 15 5 5 5 5 5 2 5 5 2 5 5 2 5 5 2 5 5 2 5 5 2 5 5 2 5 5 5 2 5	HA-18 49.19 1.24 15.51 5.77 3.33 0.19 4.13 4.02 1.82 1.02 0.15 3.57 8.58 98.52 4 458 23 73 5 19 98.52 4 458 23 73 5 19 916 52 116 211 9 227 37 143

Appendix 2. (continued)

	Sample No.	HA-19	HA-20	HA-21	HA-22	HA-23	HA-24	HA-25	HA-26	HA-27	HA-28	HA-29	HA-30
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	SiO <sub>2</sub> (wt.%)	49.85	54.76	51.72	52.23	46.21	50.67	48.04	55.68	45.84	51.97	52.14	52.79
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	TiO <sub>2</sub>	0.88	0.84	0.84	0.91	0.90	0.97	1.06	0.86	0.97	0.64	1.23	1.26
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.13	16.39	16.48	16.22	15.45	15.96	18.68	16.11	16.75	17.27	16.74	17.14
Feo       4.00       1.43       3.30       3.18       3.47       3.56       2.39       1.88       2.92       2.31       3.02       3.02         MnO       0.18       0.15       0.15       0.15       0.15       0.15       0.15       0.15       0.15       0.15       0.15       0.15       0.15       0.16       0.17       0.12       0.12       0.15       0.16         MaQ       1.92       2.29       2.13       1.70       2.48       3.04       2.11       2.42       2.36         Ko       1.83       1.79       1.63       1.78       1.29       1.73       1.31       1.75       0.79       1.97       1.62       1.75         P <sub>O</sub> 0.19       0.13       0.16       0.17       0.20       0.16       0.14       0.19       0.17       0.18       11.34       6.34       12.22       2.98       2.94       H <sub>O</sub> 12.04       8.44       10.19       10.40       16.37       10.88       11.34       6.34       12.22       2.925       8.11       8.19         Total       99.36       98.09       99.1       99.46       98.95       98.90       99.21       99.10       10.10       10.10	$Fe_2O_3$	3.05	4.53	3.71	3.64	3.00	3.28	4.34	4.86	4.48	2.94	4.57	4.57
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	FeO	4.00	1.43	3.30	3.18	3.47	3.56	2.39	1.88	2.92	2.31	3.02	3.02
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	MnO	0.18	0.15	0.15	0.15	0.13	0.15	0.13	0.16	0.17	0.12	0.15	0.16
	MgO	2.12	1.98	2.42	2.14	2.39	2.31	1.70	2.48	3.04	2.11	2.42	2.36
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	CaO	2.43	2.71	3.20	3.30	3.36	3.77	2.54	4.19	3.80	2.81	3.67	3.72
K <sub>0</sub> 1.851.991.631.781.291.731.311.750.791.971.621.75P <sub>1</sub> O0.190.130.160.170.200.160.140.190.110.110.150.19H <sub>0</sub> O1.2048.4410.1910.4016.3710.8811.346.3412.229.258.118.19Total99.3699.5699.1999.4199.6898.5998.9099.2290.4097.9999.10100.38As(pm)6<484<468<44<4<4<4<4Ba406325319482406442403382377325292291Co121016132018132420171813Cr42593938101493211462829455Cu361812201820123512192117Ga211122271635311619151111Ni192013152815122021223334B80422510253311619151111Ni1920131528	Na <sub>2</sub> O	1.92	2.59	2.19	2.32	1.87	2.34	1.55	2.74	1.51	2.22	2.30	2.29
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	$K_2O$	1.85	1.99	1.63	1.78	1.29	1.73	1.31	1.75	0.79	1.97	1.62	1.75
H <sub>1</sub> O3.723.023.202.975.043.175.681.986.384.272.982.94H <sub>1</sub> O12.048.4410.1910.4016.3710.8811.346.3412.229.258.118.19Total99.3698.9699.1099.4199.6898.9099.2299.0497.9999.10100.38As(ppm)6<484<468<44<4<4<4<4Ba406325319482406442403382377325292291Co121016132018132420171813Cr42593938101493211462829455Cu361812201820123512192117Ga2119242021221824181816Nb221122271635311619151111Ni192013152815125021253122Pb2414212822212025223316Rb804256102537284819441 <td><math>P_2O_5</math></td> <td>0.19</td> <td>0.13</td> <td>0.16</td> <td>0.17</td> <td>0.20</td> <td>0.16</td> <td>0.14</td> <td>0.19</td> <td>0.17</td> <td>0.11</td> <td>0.15</td> <td>0.19</td>	$P_2O_5$	0.19	0.13	0.16	0.17	0.20	0.16	0.14	0.19	0.17	0.11	0.15	0.19
$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	$H_2O$	3.72	3.02	3.20	2.97	5.04	3.17	5.68	1.98	6.38	4.27	2.98	2.94
$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	$H_2O^+$	12.04	8.44	10.19	10.40	16.37	10.88	11.34	6.34	12.22	9.25	8.11	8.19
As(ppm)6<	Total	99.36	98.96	99.19	99.41	99.68	98.95	98.90	99.22	99.04	97.99	99.10	100.38
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	As(nnm)	6	<4	8	4	<4	6	8	<4	4	<4	<4	<4
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Ba	406	325	319	482	406	442	403	382	377	325	292	291
Cr 42 59 39 38 101 49 32 114 62 82 94 55 Cu 36 18 12 20 18 20 12 35 12 19 21 17 Ga 21 19 19 24 20 21 22 18 24 18 18 16 Nb 22 11 22 27 16 35 31 16 19 15 11 11 Ni 19 20 13 15 28 15 12 50 21 25 31 22 Pb 24 14 21 28 22 21 21 20 25 22 33 16 Rb 80 42 56 102 53 72 84 81 94 41 33 34 S 612 254 561 418 523 314 260 319 430 543 796 743 Sr 166 376 189 179 205 193 209 179 77 264 323 332 Th 11 7 9 15 8 11 13 7 15 6 5 4 V 79 105 107 100 139 147 106 137 113 132 134 94 Y 25 15 23 30 19 30 28 32 29 18 15 14 Zr 433 144 441 651 251 591 556 285 352 192 135 110 Sample No. HA-31 HA-33 HA-36 HA-41 SiO <sub>4</sub> (wt%) 50.56 45.22 58.88 51.34 50.67 TiO <sub>2</sub> 3.18 1.36 1.27 0.93 0.62 Al <sub>2</sub> O <sub>6</sub> 1.94 1.40 3.19 2.85 4.02 0.92 CaO 1.92 4.05 2.99 4.97 1.28 Ma <sub>2</sub> O 1.94 1.69 2.40 2.11 1.19 K <sub>2</sub> O 2.73 0.72 1.90 1.72 2.97 P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.08 0.13 0.17 0.19 0.14 H <sub>2</sub> O' 7.56 15.34 4.68 6.10 9.76 H <sub>4</sub> O' 7.756 15.34 4.68 6.10 9.76 H <sub>4</sub> O' 7.756 15.34 4.68 6.10 9.76 Feen 2.48 5.85 1.90 2.65 3.72 H <sub>4</sub> O' 7.56 15.34 4.68 6.10 9.76 Feen 2.48 5.85 1.90 2.65 3.72 H <sub>4</sub> O' 7.56 15.34 4.68 6.10 9.76 Feen 2.48 5.85 1.90 2.65 3.72 H <sub>4</sub> O' 7.56 15.34 4.68 6.10 9.76 Feen 2.48 5.85 1.90 2.65 3.72 H <sub>4</sub> O' 7.56 15.34 4.68 6.10 9.76 Feen 2.48 5.85 1.90 2.65 3.72 H <sub>4</sub> O' 7.56 15.34 4.68 6.10 9.76 Feen 2.48 5.85 1.90 2.65 3.72 H <sub>4</sub> O' 7.56 15.34 4.68 6.10 9.76	Co	12	10	16	13	20	18	13	24	20	17	18	13
Cu 36 18 12 20 18 20 12 35 11 02 17 02 17 16 Ga 21 19 19 24 20 21 22 18 24 18 18 16 Nb 22 11 22 27 16 35 31 16 19 15 11 11 Ni 19 20 13 15 28 15 12 50 21 25 31 22 Pb 24 14 21 28 22 21 21 20 25 22 33 16 Rb 80 42 56 102 53 72 84 81 94 41 33 34 S 612 254 561 418 523 314 260 319 430 543 796 743 Sr 166 376 189 179 205 193 209 179 77 264 323 332 Th 11 7 9 15 8 11 13 7 15 6 5 4 V 79 105 107 100 139 147 106 137 113 132 134 94 Y 25 15 23 30 19 30 28 32 29 18 15 14 Zn 137 101 131 151 116 142 113 125 113 128 163 84 Zr 433 144 441 651 251 591 556 285 352 192 135 110 Sample No. HA-31 HA-33 HA-35 HA-36 HA-41 SiO <sub>4</sub> (vt.%) 50.56 45.22 58.58 51.34 50.67 TiO <sub>2</sub> 3.18 1.36 1.27 0.93 0.62 Al <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 17.90 14.72 15.65 16.23 19.10 Fe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 7.54 4.56 5.46 4.73 6.72 FeO 2.48 3.20 1.97 3.79 1.23 MnO 0.21 0.16 0.14 0.18 1.46 MgO 1.40 3.19 2.85 4.02 0.92 CaO 1.92 4.05 2.99 4.97 1.28 Na <sub>2</sub> O 1.94 1.69 2.40 2.11 1.19 K <sub>4</sub> O 2.73 0.72 1.90 1.72 2.97 P <sub>4</sub> O <sub>6</sub> 0.08 0.13 0.17 0.19 0.14 H <sub>4</sub> O' 2.48 5.85 1.30 2.65 3.72 H <sub>4</sub> O' 7.56 15.34 4.68 6.10 9.76 Tevel 90.05 100.06 0.67 Feo 2.48 5.85 1.90 2.65 3.72 H <sub>4</sub> O' 7.56 15.34 4.68 6.10 9.76 Tevel 90.05 100.07 0.92 60.078	Cr	42	59	30	38	101	49	32	114	62	82	94	55
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Cu	36	18	12	20	18	20	12	35	12	19	21	17
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Ga	21	19	19	24	20	21	22	18	24	18	18	16
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Nb	22	11	22	27	16	35	31	16	19	15	11	11
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Ni	19	20	13	15	28	15	12	50	21	25	31	22
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Ph	24	14	21	28	20	21	21	20	25	20	33	16
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Rb	80	42	56	102	53	72	84	81	94	41	33	34
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	S	612	254	561	418	523	314	260	319	430	543	796	743
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Sr	166	376	189	179	205	193	200	179	77	264	323	332
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Th	11	7	9	15	8	11	13	7	15	6	5	4
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	v	79	105	107	100	139	147	106	137	113	132	134	94
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	v	25	15	23	30	19	30	28	32	29	18	15	14
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Zn	137	101	131	151	116	142	113	125	113	128	163	84
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Zr	433	144	441	651	251	591	556	285	352	192	135	110
$\begin{array}{rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr$	Sample No.	HA-31	HA 33	HA 35	НА 36	HA_41	•						
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Sin (wt %)	50.56	45.22	58 58	51.34	50.67							
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	3IO <sub>2</sub> (wi.%)	3 18	1 36	1 27	0.93	0.62							
$R_{12}O_3$ $17.00$ $17.12$ $17.00$ $17.12$ $17.00$ $Fe_{CQ}$ $7.54$ $4.56$ $5.46$ $4.73$ $6.72$ $FeO$ $2.48$ $3.20$ $1.97$ $3.79$ $1.23$ $MnO$ $0.21$ $0.16$ $0.14$ $0.18$ $1.46$ $MgO$ $1.40$ $3.19$ $2.85$ $4.02$ $0.92$ $CaO$ $1.92$ $4.05$ $2.99$ $4.97$ $1.28$ $Na_{t}O$ $1.94$ $1.69$ $2.40$ $2.11$ $1.19$ $K_{t}O$ $2.73$ $0.72$ $1.90$ $1.72$ $2.97$ $P_{t}O_{t}$ $0.08$ $0.13$ $0.17$ $0.19$ $0.14$ $H_{2}O$ $2.48$ $5.85$ $1.90$ $2.65$ $3.72$ $H_{t}O^{t}$ $7.56$ $15.34$ $4.68$ $6.10$ $9.76$		17.90	14 72	15.65	16.23	10.02							
FeO       2.48       3.20       1.97       3.79       1.23         MnO       0.21       0.16       0.14       0.18       1.46         MgO       1.40       3.19       2.85       4.02       0.92         CaO       1.92       4.05       2.99       4.97       1.28         Na <sub>1</sub> O       1.94       1.69       2.40       2.11       1.19         K <sub>2</sub> O       2.73       0.72       1.90       1.72       2.97         P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0.08       0.13       0.17       0.19       0.14         H <sub>2</sub> O       2.48       5.85       1.90       2.65       3.72         H <sub>2</sub> O       7.56       15.34       4.68       6.10       9.76	Fe O	7 54	4 56	5 46	4 73	6 72							
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	FeO	2 48	3 20	1 97	3 79	1.23							
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	MnO	0.21	0.16	0.14	0.18	1.25							
$M_{2O}$ 1.00       5.17       2.00       1.02       5.12         CaO       1.92       4.05       2.99       4.97       1.28         Na <sub>2</sub> O       1.94       1.69       2.40       2.11       1.19         K <sub>2</sub> O       2.73       0.72       1.90       1.72       2.97         P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0.08       0.13       0.17       0.19       0.14         H <sub>2</sub> O       2.48       5.85       1.90       2.65       3.72         H <sub>2</sub> O       7.56       15.34       4.68       6.10       9.76         Torust       100.10       100.10       00.06       92.06       00.72	MgO	1 40	3 19	2.85	4 02	0.92							
$N_{a,O}$ $1.69$ $2.40$ $2.11$ $1.19$ $K_{sO}$ $2.73$ $0.72$ $1.90$ $1.72$ $2.97$ $P_sO_s$ $0.08$ $0.13$ $0.17$ $0.19$ $0.14$ $H_sO'$ $2.48$ $5.85$ $1.90$ $2.65$ $3.72$ $H_sO'$ $7.56$ $15.34$ $4.68$ $6.10$ $9.76$	CaO	1 92	4 05	2.99	4 97	1.28							
$K_{2O}$ $2.13$ $1.72$ $2.97$ $P_{2O}$ $0.08$ $0.13$ $0.17$ $0.19$ $0.14$ $H_{2O}$ $2.48$ $5.85$ $1.90$ $2.65$ $3.72$ $H_{2O}$ $7.56$ $15.34$ $4.68$ $6.10$ $9.76$ Taxel $100$	Na O	1 94	1.69	2.40	2.11	1 19							
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	K <sub>0</sub>	2.73	0.72	1.90	1.72	2.97							
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	P <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.08	0.13	0.17	0.19	0.14							
$H_2O$ 7.56 15.34 4.68 6.10 9.76 Tartel 0.0.8 100.10 0.06 0.07 7	H <sub>2</sub> O <sup>2</sup>	2.48	5.85	1.90	2.65	3.72							
	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	7.56	15.34	4.68	6.10	9.76							
10121 99.90 100.19 99.90 98.90 99.78	Total	99.98	100.19	99.96	98.96	99.78							
$A_{2}(z_{2}) = 5$ , $5$ , $7$ , $z_{1}$ , $10$	<b>A</b> <i>a</i> ()	6	5	7	-1	10	-						
Ass(ppm) 0 5 / 54 10 Dr. 298 562 571 460 408	As(ppm)	200	563	571	460	108							
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		200	11	11	11	19							
$C_{0}$ 20 11 11 11 10 $C_{1}$ 77 3 <i>A</i> 26 23 80	Cr.	20	11	26	22	10							
$C_1$ $r_1$ $\mathcal{O}^{\mathbf{q}}$ $\mathcal{L}\mathcal{O}$ $\mathcal{L}\mathcal{O}$ $\mathcal{O}^{\mathbf{q}}$	Cu Cu	17	12	20	23 12	35							
Cu 1, 15 15 12 55 Ga 17 18 21 19 18	Ga	17	19	21	10	18							
Sa 1, 10 21 17 10 Nb 12 10 19 20 12	Nh	12	10	10	20	12							
Ni 28 13 12 14 53	Ni	28	13	12	14	53							
Pb 21 18 27 26 22	Ph	20	18	27	26	22							
Rb 28 99 112 112 101	Rh	28	90	112	112	101							
S 538 282 280 262 233	S	538	282	280	262	233							
Sr 371 174 185 196 142	Sr	371	174	185	196	142							
The $4$ 5 14 13 10	Th	4	5	14	13	10							
V 145 71 74 74 101	v	145	71	74	74	101							
Y 15 28 39 46 31	Ŷ	15	28	39	46	31							
$z_n$ 106 100 104 96 109	Żn	106	100	104	96	109							
Zr 111 862 1041 1193 262	Zr	111	862	1041	1193	262							