

蛍光 X 線分析による熊野酸性火成岩類の全岩化学組成

新正裕尚・角井朝昭
折橋裕二・下田 玄

X-ray fluorescence analysis of whole rock composition of the Kumano Acidic Rocks

Hironao SHINJOE, Tomoaki, SUMII, Yuji ORIHASHI, and Gen SHIMODA

Abstract

New whole rock major and trace element compositions analyzed by XRF are reported for 22 samples from Kumano Acidic Rocks in southeastern Kii Peninsula. Characteristics of major element compositions are described in brief.

はじめに

熊野酸性火成岩類（荒牧・羽田，1965）は紀伊半島東南部に分布し（Fig.1），西南日本外帯に広く分布する中新世中期を中心に活動した外帯酸性岩類の一員である。現存するものだけで， 500km^3 をこえる体積を持つ大規模な岩体でありながら，全岩分析値の報告は少なく，新正ほか（2000）でレビューを行った時点で，10点あまりの主成分元素組成の報告があるのみであった。その後，新正ほか（2007）により7点の主成分および蛍光 X 線分析と ICP 質量分析による微量元素組成の報告がなされたが，本報文ではさらに広域的に収集された試料の蛍光 X 線分析による全岩組成の報告を行なう。

試料の概要

熊野酸性火成岩類の層序については，近年，川上ほか（2007）などによる見直しがなされているが，ここでは従来の区分に従って述べる。下位より神ノ木流紋岩，流紋岩質凝灰岩，花こう斑岩の3つの岩相に分けられる。主岩相の花こう斑岩は尾鷲市～熊野市にかけて分布する北岩体と，新宮市周辺に分布する南岩体に大別される。神ノ木流紋岩は北・南岩体に挟まれるおよそ $5 \times 10 \text{ km}$ の範囲に分布し，凝灰岩は花こう斑岩の縁辺に分布する（Fig. 2）。今回新たに全岩組成を報告するのは最下位の神ノ木流紋岩 1 試料，花こう斑岩の北岩体から

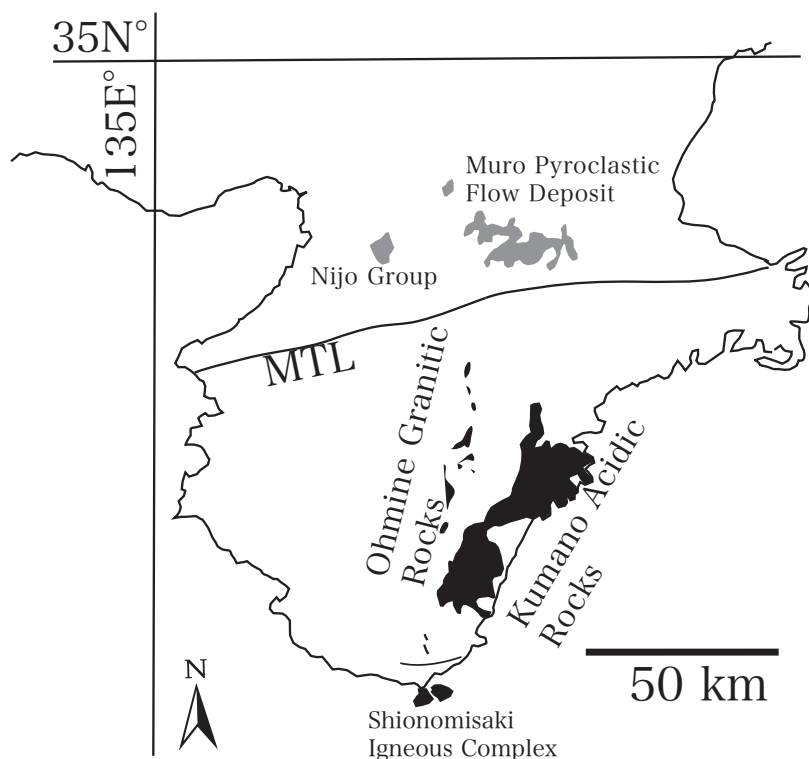


Fig. 1 Index map of the Middle Miocene igneous rocks in Kii Peninsula.

9 試料, 花こう斑岩の南岩体および周辺の衛星岩株から 5 試料, 花こう斑岩中の火成包有物 7 試料である. Appendix に試料位置の緯度, 経度等を, 今回新たに報告する試料と新正ほか (2007) で報告した試料を併せて示した.

分析方法と結果

東京大学地震研究所の蛍光 X 線分析装置 (Phillips PW2400) で希釈率 3 倍のガラスビードにより主成分, 微量元素について測定した. 測定方法は, 谷ほか (2002) に従った. 一部の試料は京都大学理学部の蛍光 X 線分析装置 (Rigaku 3550) で希釈率 11 倍のガラスビードにより主成分元素を, 京都大学総合人間学部の蛍光 X 線分析装置 (Rigaku 3030) で岩石粉末を加圧整形したディスクレットにより微量元素組成を測定した. 測定方法は, おおむね後藤・巽 (1991, 1992) に従った.

結果を Table 1 に示した. 新正ほか (2007) において既に報告した 7 試料についても表中に示した. 酸化物の総計を 100%, 全鉄を FeO に換算した主成分元素組成を, ハーカー図にプロットしたものを Fig. 3 に示した. 花こう斑岩および神ノ木流紋岩はハーカー図上で一

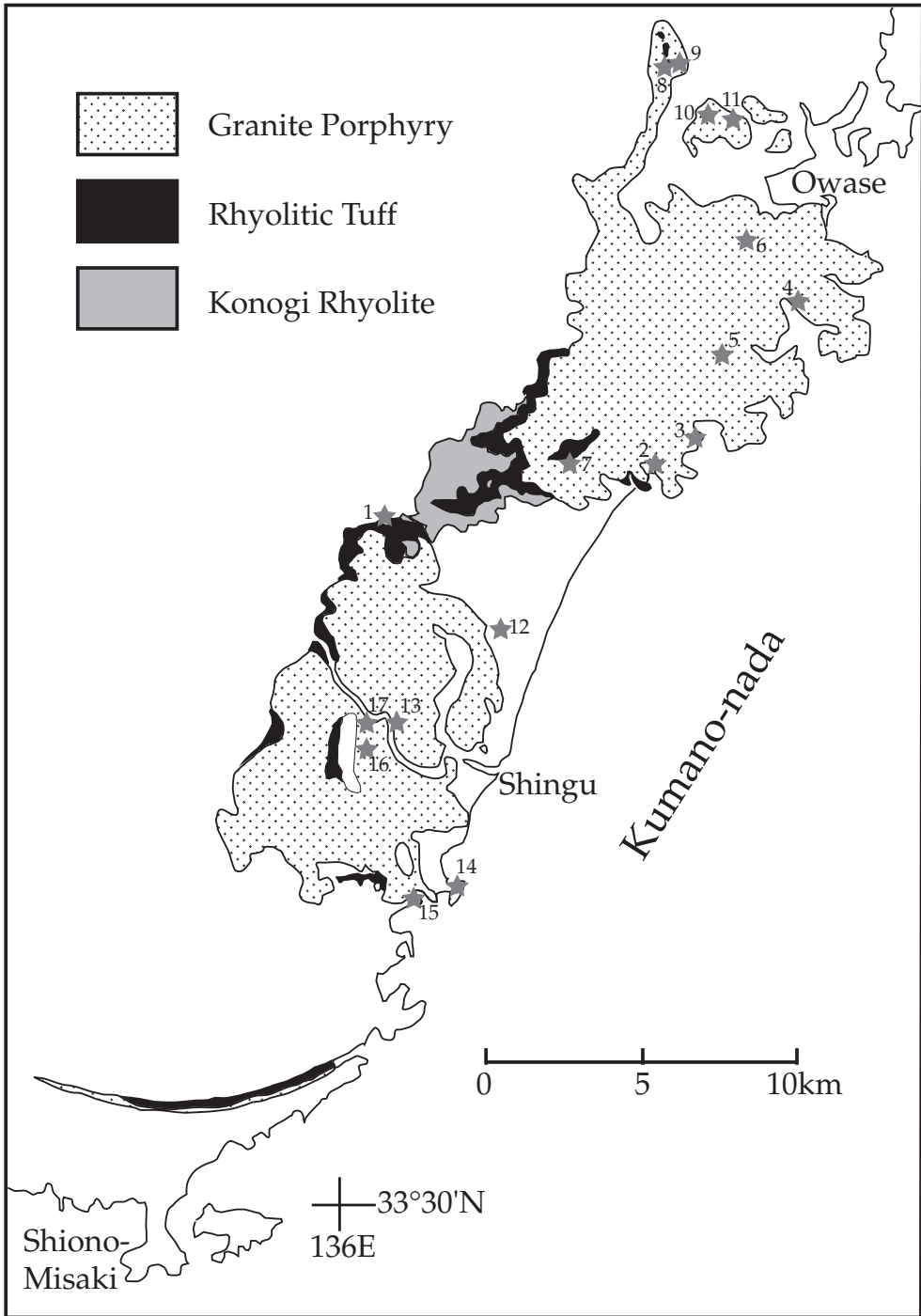


Fig. 2 Distribution of the Kumano Acidic Rocks (modified from Sumii et al., 1998) and sample localities (stars).

蛍光 X 線分析による熊野酸性火成岩類の全岩化学組成

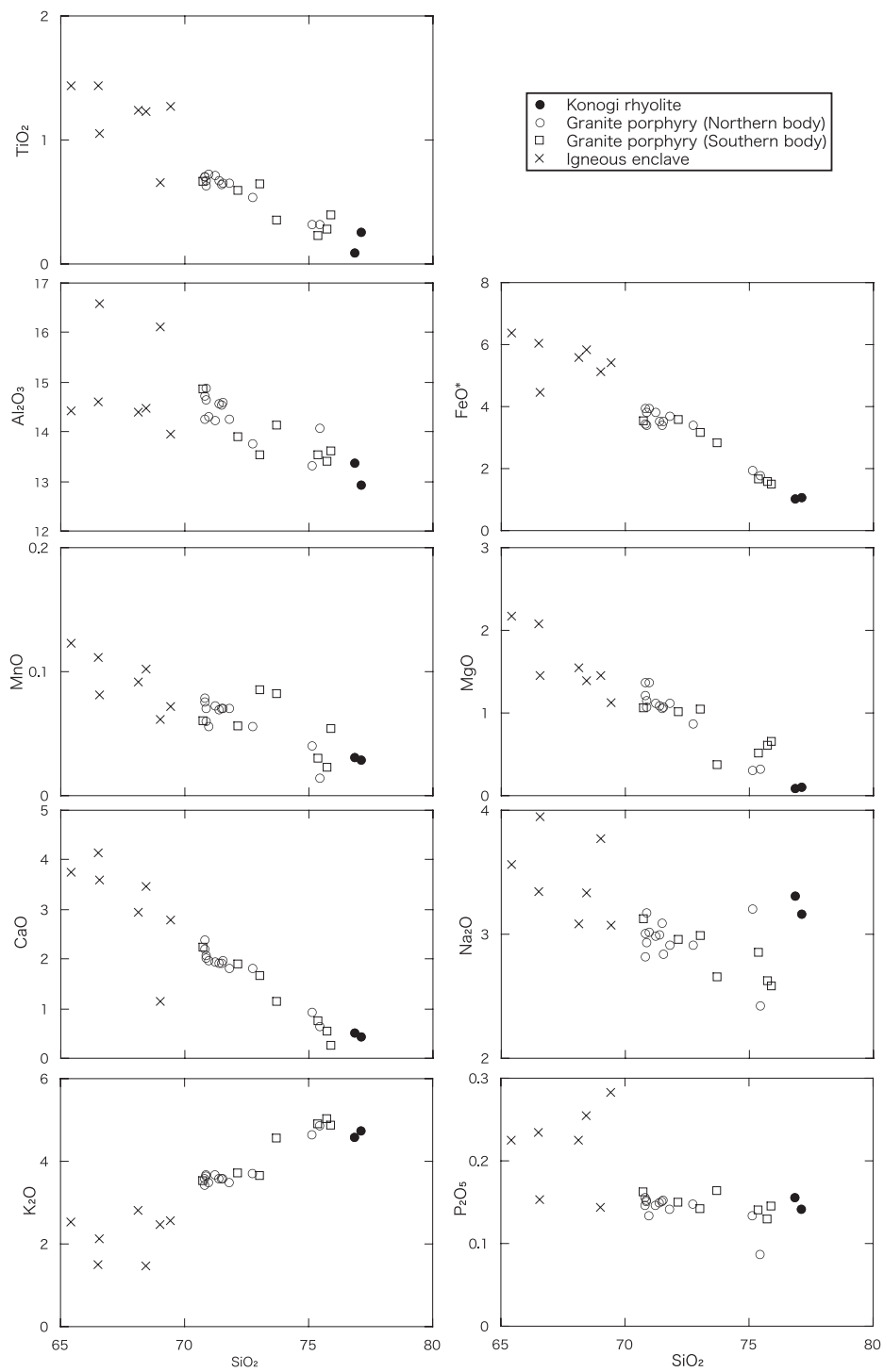


Fig. 3 Harker variation diagrams for major elements of the Kumano Acidic Rocks.

Type ^a	KO	KO	NGP	NGP	NGP	NGP	NGP	NGP	NGP	NGP	NGP	NGP	NGP	NGP
Locality	1	1	2	2	3	4	5	5	6	6	6	6	6	7
System ^b	KU	ERI	KU	KU	ERI	ERI	KU	KU	KU	KU	KU	KU	KU	ERI
(wt%)	KUM1A	⁶ KUM1B	KUM1A	KUM1B	⁶ KUM2	⁶ KUM6	KUM7A	KUM7B	KUM9B	KUM9	⁶ KUM13			
SiO ₂	73.72	72.93	70.28	69.63	68.60	69.65	70.77	69.80	70.48	71.06				71.73
TiO ₂	0.09	0.24	0.65	0.67	0.68	0.72	0.65	0.63	0.64	0.67				0.54
Al ₂ O ₃	12.84	12.25	14.35	14.40	14.29	14.06	14.08	14.68	14.36	14.51				13.58
Fe ₂ O ₃ ^c	1.10	1.13	3.88	4.19	3.74	4.30	4.08	3.75	3.75	3.94				3.76
MnO	0.03	0.03	0.07	0.07	0.08	0.06	0.07	0.06	0.07	0.07				0.06
MgO	0.09	0.11	1.06	1.13	1.34	1.35	1.11	1.06	1.05	1.09				0.87
CaO	0.49	0.42	1.94	1.99	2.31	1.95	1.79	2.05	1.90	1.93				1.80
Na ₂ O	3.18	3.00	2.80	2.89	2.74	2.96	2.88	3.13	3.05	2.99				2.88
K ₂ O	4.40	4.51	3.52	3.63	3.34	3.43	3.46	3.62	3.53	3.59				3.66
P ₂ O ₅	0.15	0.14	0.15	0.15	0.14	0.13	0.14	0.15	0.15	0.15				0.15
total	96.10	94.75	98.70	98.73	97.26	98.60	99.03	98.92	98.97	100.01				99.01
A/CNK ^d	1.18	1.16	1.20	1.17	1.16	1.16	1.20	1.15	1.17	1.18				1.14
(ppm)														
Sc		2.1			10.1	10.8								9.6
V					46	65								39
Cr		5			26	34								19
Co		0.4			7.6	9.2								5.7
Ni	4	1	12	13	15	17	13	14	12	11				10
Zn		26			63	31								58
Ga		6			14	17								21
Rb	196	177	132	134	122	127	140	134	132	127				134
Sr	20	14	161	158	161	161	146	168	166	172				147
Y	31	30	31	30	31	34	31	31	33	32				33
Zr	65	54	246	231	229	249	231	224	237	260				208
Nb	6.4	8.3	10.6	10.6	14.8	15.7	11.1	10.6	10.9	11.6				14.1
Ba	166	168	752	596	767	683	605	783	801	941				621
Pb	29	21	22	18	19	17	18	19	23	21				20
Th	7.2	9.1	14	13	13	17	13	13	14	15				15

Table 1 Whole rock chemical composition of the Kumano Acidic Rocks.

蛍光 X 線分析による熊野酸性火成岩類の全岩化学組成

Type ^a	NGP	NGP	NGP	NGP	NGP	NE	NE	NE	NE	NE
Locality	8	9	10	11	1	2	2	4	4	5
System ^b	ERI	ERI	ERI	ERI	KU	KU	KU	ERI	ERI	KU
(wt%)	KUMA6	KUMA7	KUMA8	KUMA9	KUMBENC	KUM4KB	KUM4KG	KUM6ENC	KUM7AENC	KUM7BSA
SiO ₂	69.63	69.14	73.53	73.38	67.14	65.38	63.94	66.46	67.29	65.17
TiO ₂	0.69	0.70	0.31	0.32	1.21	1.41	1.41	1.22	0.64	1.03
Al ₂ O ₃	14.03	13.84	13.73	13.03	14.19	14.35	14.11	13.34	15.71	16.24
Fe ₂ O ₃ ^c	4.32	4.13	1.96	2.13	6.34	6.62	6.91	5.76	5.56	4.86
MnO	0.08	0.07	0.01	0.04	0.10	0.11	0.12	0.07	0.06	0.08
MgO	1.20	1.09	0.32	0.31	1.36	2.04	2.13	1.08	1.42	1.42
CaO	2.17	1.89	0.63	0.91	3.39	4.07	3.67	2.67	1.13	3.51
Na ₂ O	2.97	2.91	2.37	3.13	3.27	3.29	3.48	2.94	3.68	3.87
K ₂ O	3.54	3.59	4.76	4.56	1.45	1.47	2.47	2.46	2.42	2.09
P ₂ O ₅	0.15	0.14	0.09	0.13	0.25	0.23	0.22	0.27	0.14	0.15
total	98.77	97.51	97.70	97.94	98.68	98.95	98.46	96.27	98.05	98.42
A/CNK ^d	1.11	1.14	1.35	1.11	1.08	1.00	0.94	1.08	1.46	1.08
(ppm)										
Sc	11.2	9.1	5.8	4.2				11.2		
V	56	41	13	2				20		
Cr	26	23	6	8				5		
Co	8.1	7.9	1.5	2.4				9.4		
Ni	12	11	4	3	4	10	10	2	18	4
Zn	70	63	45	47				36		
Ga	21	20	19	19				18		
Rb	129	126	191	178	53	68	98	73	84	73
Sr	166	149	61	66	153	130	130	118	92	247
Y	31	31	37	33	42	43	43	49	28	31
Zr	213	223	137	117	389	396	414	363	195	75
Nb	15.1	14.9	12.7	11.1	16.7	15.9	15.8	22.7	10.7	15.2
Ba	892	763	433	385	486	422	507	562	341	610
Pb	21	20	22	19	11	13	12	12	11	20
Th	17	17	10	9	14	19	20	25	14	28

Table 1 (continued)

連のトレンドをつくり、 SiO_2 の増加に対して、 TiO_2 、 Al_2O_3 、 FeO 、 MnO 、 MgO 、 CaO は減少し、 K_2O は増加する。 Na_2O 、 P_2O_5 はやや分散が大きく SiO_2 に相関した変化傾向がみられない。7試料の火成包有物は SiO_2 量が66.5–69.5% (total=100%換算)の範囲にあり、ハーカー図上でいくつかの元素について花こう斑岩が作るトレンドの低 SiO_2 側の延長から外れる。なかでも5点の火成包有物は、花こう斑岩が作るトレンドの低 SiO_2 側の延長から高 TiO_2 、 P_2O_5 側に外れる。これらの試料はZrにも富み(294–414 ppm)、HFS元素に富むという共通点のほかに、主成分元素のハーカー図上でも分散の大きい K_2O 、 P_2O_5 以外の元素では SiO_2 量に対して一連のトレンドをつくる。この5つの火成包有物は成因的に共通性のあるものかも知れない。残り2試料は、花こう斑岩が作るトレンドの低 SiO_2 側の延長からとも高 Al_2O_3 、 Na_2O 側に外れるが、一方は火成包有物の中で高いCaO量を、他方は特に低いCaO量をもち、化学組成からはそれぞれ区別される。

南岩体、北岩体の花こう斑岩の組成は、よく重複し差は見られない。また、花こう斑岩の多くは、 SiO_2 量が70–73% (total=100%換算)の範囲に集中し、 SiO_2 量がより多い75–76%付近にあるものは岩体の縁辺域で採取された試料である。新正ほか(2007)では、Fig. 3に見られるような花こう斑岩が形成するトレンドを黒雲母、正長石、斜長石の結晶分別で説明した。主岩相の花こう斑岩が比較的均質な組成をもち、縁辺部で結晶分化の影響をより受けているという観察が正しければ、数百 km^3 の規模をもつ珪長質マグマの冷却過程についての拘束条件を与える可能性がある。そのためには今後密度の高い試料採取を行い、岩体全体の組成分布をより明確にしてゆく必要がある。

謝 辞

蛍光 X 線分析装置の利用については東京大学地震研究所の共同利用プログラムからの支援を受けた。研究に要した費用の一部は2005–2006年度東京経済大学個人研究助成費(B)によるものである。以上記して感謝の意を表する。

引用文献

- 荒牧重雄・羽田 忍 (1965): 熊野酸性岩の中部および南部の地質. 地質学雑誌, 71, 494–512.
- 後藤 篤・巽 好幸 (1991): 蛍光 X 線分析装置による岩石試料の定量分析 (I). 理学電機ジャーナル, 22, 28–44.
- 後藤 篤・巽 好幸 (1992): 蛍光 X 線分析装置による岩石試料の定量分析 (II). 理学電機ジャーナル, 23, 50–69.
- Imai, N., Terashima, S., Itoh, S., and Ando, A. (1995): 1994 compilation of analytical data for minor and trace elements in seventeen GSJ geochemical reference samples, "Igneous rock series", Geo-standards Newsletter, 19, 135–213.

- 川上 裕・星 博幸 (2007) : 火山—深成複合岩体にみられる環状岩脈とシート状貫入岩 : 紀伊半島, 尾鷲—熊野地域の熊野酸性火成岩類の地質. 地質学雑誌, 113, 296-309.
- 新正裕尚・今岡禎二 (2002) : 西オーストラリアピルバラクラトン東部に分布する Muccan, Warrawagine バソリスの太古代花こう岩の全岩化学組成. 東京経済大学人文自然科学論集, 113, 55-67.
- 新正裕尚・角井朝昭・和田穰隆 (2000) : 西南日本前弧の中期中新世火成岩体カタログ : その1 近畿地方. 東京経済大学人文自然科学論集, 110, 85-115.
- 新正裕尚・折橋裕二・和田穰隆・角井朝昭・中井俊一 (2007) : 紀伊半島中新世珪長質火成岩類の全岩組成の広域的变化. 地質学雑誌, 113, 310-325.
- 角井朝昭・内海茂・新正裕尚・下田 玄 (1998) : K-Ar 法による熊野酸性火成岩類の年代の再検討. 地質学雑誌, 104, 387-394.
- 谷健一郎・折橋裕二・中田節也 (2002) : ガラスビードを用いた蛍光 X 線分析装置による珪酸塩岩石の主・微量成分分析 : 3 倍・6 倍・11 倍希釈ガラスビード法の分析精度の評価, 地震研究所技術報告, 8, 26-36.

Sample code	Locality No.	Latitude	Longitude	Rock type
KUM11A	1	33° 52'07"N	135° 56'01"E	Biotite rhyolite
KUM11B*	1	33° 52'07"N	135° 56'01"E	Biotite rhyolite
KUM1A	2	33° 53'58"N	136° 07'11"E	Granite porphyry
KUM1B	2	33° 53'58"N	136° 07'11"E	Granite porphyry
KUM1BENC	2	33° 53'58"N	136° 07'11"E	Igneous enclave
KUM4KB	2	33° 53'58"N	136° 07'11"E	Igneous enclave
KUM4KG	2	33° 53'58"N	136° 07'11"E	Igneous enclave
KUM2*	3	33° 55'17"N	136° 09'09"E	Granite porphyry
KUM6*	4	33° 59'39"N	136° 13'37"E	Granite porphyry
KUM6ENC	4	33° 59'39"N	136° 13'37"E	Igneous enclave
KUM7A	5	33° 58'02"N	136° 09'35"E	Granite porphyry
KUM7B	5	33° 58'02"N	136° 09'35"E	Granite porphyry
KUM7AENC	5	33° 58'02"N	136° 09'35"E	Igneous enclave
KUM7BSA	5	33° 58'02"N	136° 09'35"E	Igneous enclave
KUM9	6	34° 02'36"N	136° 11'03"E	Granite porphyry
KUM9B	6	34° 02'36"N	136° 11'03"E	Granite porphyry
KUMA13*	7	33° 54'26"N	136° 04'11"E	Granite porphyry
KUMA6*	8	34° 07'41"N	136° 08'38"E	Biotite granite
KUMA7	9	34° 07'52"N	136° 08'56"E	Biotite granite
KUMA8	10	34° 06'27"N	136° 10'36"E	Biotite granite
KUMA9	11	34° 06'30"N	136° 11'25"E	Biotite granite
KUMA1QP	12	33° 48'50"N	136° 00'37"E	Granite porphyry
KUM13	13	33° 44'35"N	135° 56'29"E	Granite porphyry
KUM13ENC	13	33° 44'35"N	135° 56'29"E	Igneous enclave
KUM15	14	33° 39'38"N	135° 58'57"E	Granite porphyry
KUM16*	15	33° 39'00"N	135° 57'23"E	Granite porphyry
KUM16B	15	33° 39'00"N	135° 57'23"E	Granite porphyry
KUMA14*	16	33° 43'56"N	135° 55'14"E	Granite porphyry
KUMA15	17	33° 45'34"N	135° 55'06"E	Granite porphyry

Appendix Locality and rock type of the samples. *Previously reported in Shinjoe et al. (2007).