

## 補遺：上部三疊系層状チャートの主要元素分析結果について

### 調査地域と検討セクション

愛知・岐阜県境に位置する犬山地域には、美濃帶上麻生ユニット (Wakita, 1988) の構成岩類が広く分布する。上麻生ユニットの砂岩、泥岩、チャートは、チャート-碎屑岩シーケンス (Matsuoka et al., 1994) を構成しており、下位より、下部トリアス系珪質粘土岩層、中部トリアス系～下部ジュラ系チャート層、中部ジュラ系珪質泥岩層、中部～上部ジュラ系砂岩-泥岩層からなる (Wakita, 1988)。これらは、上・下限を衝上断層で挟まれた厚さ数 100 m 程度のスラストシートとして産する。犬山地域では同じ層序を持ったユニットが、構造的に何度も繰り返して累重し、さらに西にプランジした褶曲軸を持つ向斜構造（坂祝向斜）を形成している (Fig. A1)。チャート-碎屑岩シーケンス構成岩石は、海洋プレート上で形成された堆積物と考えられており、下位の珪質粘土岩層およびチャート層は深海遠洋性堆積物に、上位の珪質泥岩および砂岩-泥岩層は半遠洋性堆積物および海溝充填タービダイトに比較されている (Matsuda and Isozaki, 1991)。また古地磁気の検討から、犬山地域に分布する上部三疊系チャートは、低緯度から中緯度で堆積したことが明らかにされている (Ando et al., 2001; Uno et al., 2015)。

犬山地域の層状チャートは、便宜的に構造的下位より CH-1, 2, 3, 4 とよばれている (Yao et al., 1980)。今回主要元素分析を行った層状チャートは、岐阜県東部坂祝町取組の木曽川右岸に露出し、Yao et al. (1980) による CH-2 の上部に相当する (Fig. A1)。従来の放散虫およびコノドント化石層序に基づくと、研究対象の層状チャートの年代は、後期三疊紀ノーリアンに相当する (Sugiyama, 1997; Yamashita et al., 2018)。

犬山地域の層状チャートは、チャート単層間に挟まれる泥質部(粘土岩)の特徴により、泥質部と珪質部の互層からなる B タイプ、ほとんど泥質部を挟まない F タイプ、両者の中間的な A タイプチャートに区分されている (Sugiyama, 1997)。本研究では、検討した上部三疊系層状チャートのうち、側方へ数 m にわたり顕著な層厚変化の認められない、赤色の B タイプチャートのみを研究対象とした (Fig. A2)。特に本研究では、2 つの異なる

る年代をもつ層状チャートの珪質部・泥質部について、主要元素濃度の検討を行った。検討した層状チャートの年代は、後期三畳紀ノーリアン後期のセバチアン (Sevatician) 前期 (*E. bidentata* コノドント化石帯: Yamashita et al., 2018) およびノーリアン後期のセバチアン後期 (*M. hernsteini* コノドント化石帯) に相当する。本研究では、これらを便宜的に、それぞれ NHR, KC セクションとよぶこととする。NHR セクションの詳しい層準は, Onoue et al. (2016) の Fig. S4 を参照にされたい。また KC セクションは, Sugiyama (1997) のセクション K, 層準 K-36 付近に相当する (Fig. 23b; Sugiyama, 1997)。NHR, KC セクション層状チャートの珪質部および泥質部の厚さは、それぞれ 2.5–5 cm, 0.2–1 cm 程度である。

## 試料の作成

本研究では、NHR, KC セクションの層状チャートから、珪質部および泥質部試料を採取した。採取した合計 18 枚の珪質部については、単層断面の薄片試料を作成し、偏光顕微鏡下で堆積組織の観察を行った。次に採取した珪質部試料については、層理面と平行に岩石カッターで 3 から 5 分割し、1 試料の厚さが 1 cm 以下となるようにした（例えば、単層の厚さが 5 cm の試料については、層理面と平行に 5 分割）。分割した試料はグラインダーで研磨し、切断面や風化部を取り除いた。これらの珪質部試料および泥質部試料は、その後超純水を用いて超音波洗浄を 1 時間行い、恒温機 (60°C) で乾燥させた。乾燥した試料は、クリーンベンチ内で、メノウ乳鉢で 5 mm 以下の大きさになるまで碎き、再び超音波洗浄を行った。これらの岩片は恒温機 (60°C) で乾燥させたのち、クリーンベンチ内で風化部や変質部、細脈のない新鮮な岩片だけを選別した。これらの試料は、最後にメノウ製遊星回転ボールミル (200 rpm, 90 分) を用いて、粉末試料を作成した。

## 主要元素分析

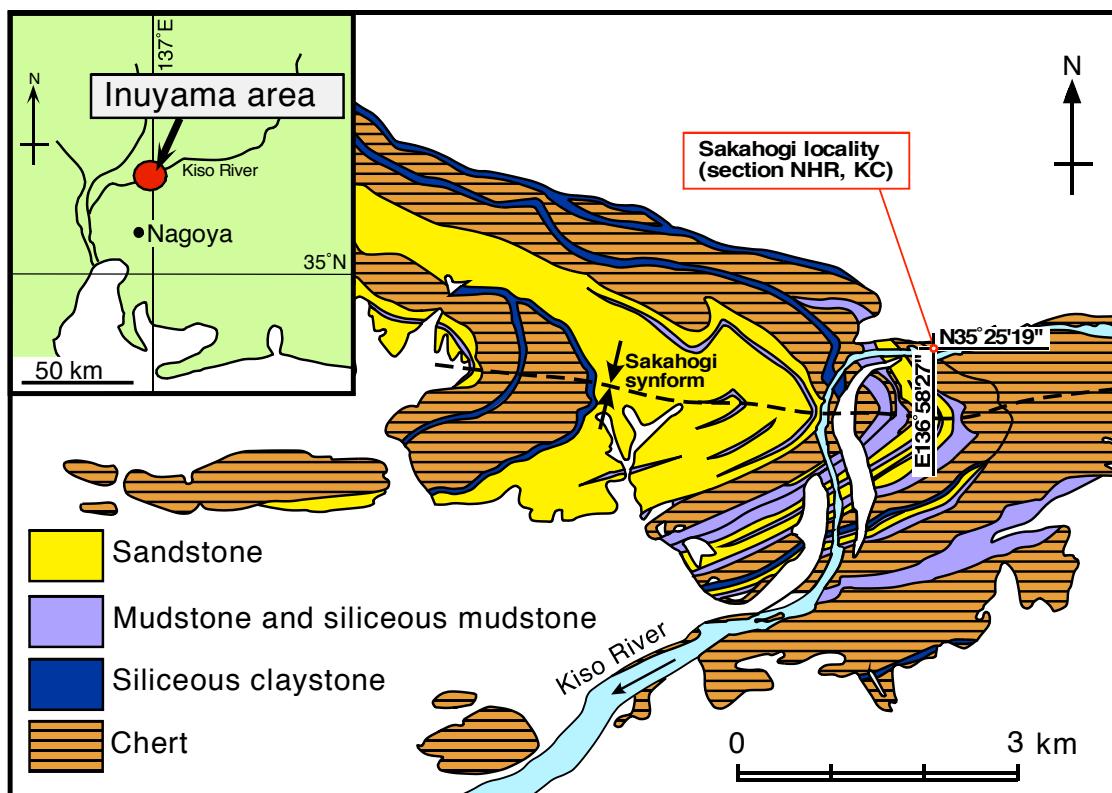
主要元素分析には、油圧プレス機でプレス成形 (20 t) したペレットを用いた。ペレットの作成には、セルロース系固結剤 (PaAnalytical 社製) と試料を 1:5 の割合で混合させた

粉末を用いた。分析には、熊本大学理学部設置の PaNalytical 社製エネルギー分散型 X 線分析装置 (Epsilon 3XLE, Mo 管球) を用いた。測定は各試料 3 回づつ行い、その平均値を Table A1 に示した。定量分析に用いる検量線作成試料として、産業技術総合研究所地質調査総合センター (GSJ) の標準試料 20 試料を用いた。測定時の検量線の正確度は、 $\text{Na}_2\text{O} \pm 0.08 \text{ wt.\%}$ ,  $\text{MgO} \pm 0.05 \text{ wt.\%}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 \pm 0.14 \text{ wt.\%}$ ,  $\text{SiO}_2 \pm 0.56 \text{ wt.\%}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5 \pm 0.03 \text{ wt.\%}$ ,  $\text{K}_2\text{O} \pm 0.06 \text{ wt.\%}$ ,  $\text{CaO} \pm 0.08 \text{ wt.\%}$ ,  $\text{TiO}_2 \pm 0.03 \text{ wt.\%}$ ,  $\text{MnO} \pm 0.01 \text{ wt.\%}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \pm 0.19 \text{ wt.\%}$  であった。Table A2 に GSJ による日本のチャート標準試料 JCh-1 の測定結果を示す。本検量線を用いて測定した結果と JCh-1 の推奨値は良い一致を示す。

## 文献

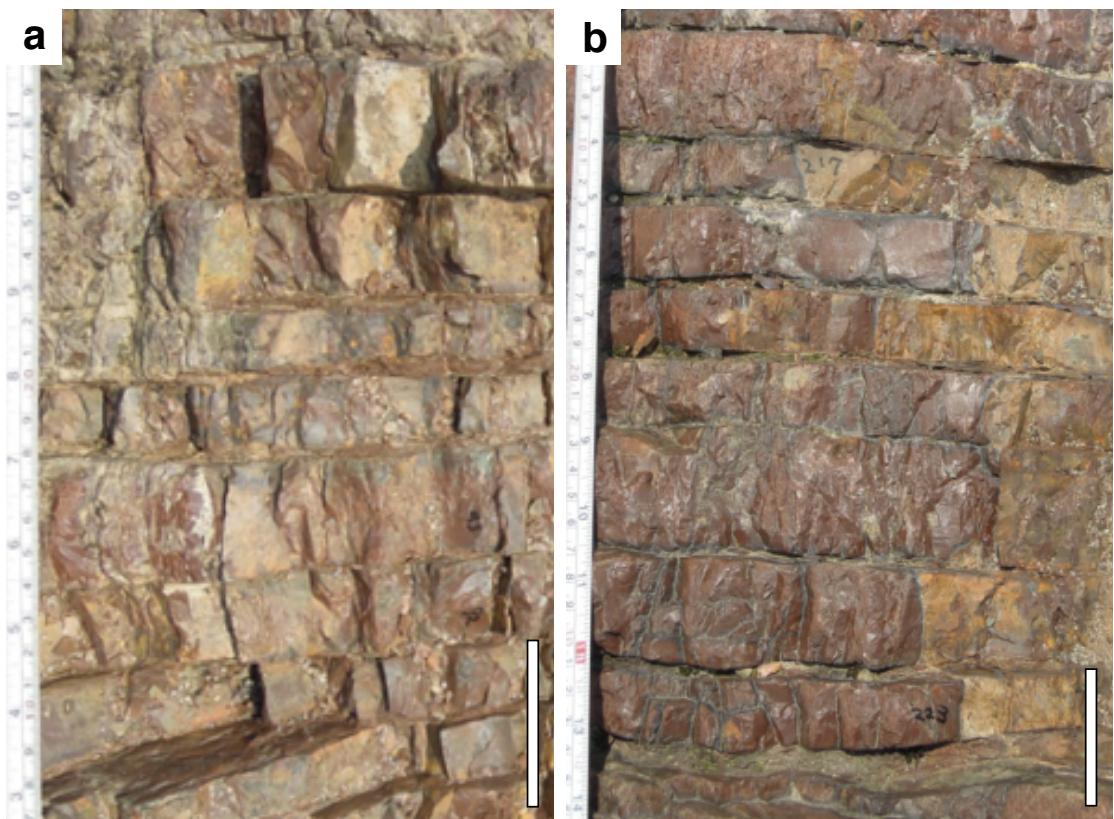
- Ando, A., Kodama, K. and Kojima, S., 2001, Low-latitude and southern hemisphere origin of Anisian (Triassic) bedded chert in the Inuyama area, Mino terrane, central Japan. *Jour. Geophys. Res.*, **106**, 1973–1986.
- Imai, N., Terashima, S., Itoh, S. and Ando, A., 1996, 1996 compilation of analytical data on nine GSJ geochemical reference samples, "Sedimentary rock series". *Geostandard Newslett.*, **20**, 165–216.
- Matsuda, T. and Isozaki, Y., 1991, Well-documented travel history of Mesozoic pelagic chert in Japan: from remote ocean to subduction zone. *Tectonics*, **10**, 475–499.
- Matsuoka, A., Hori, R., Kuwahara, K., Hiraishi, M., Yao, A. and Ezaki, Y., 1994, Triassic-Jurassic radiolarian-bearing sequences in the Mino terrane, central Japan. *Field trip guide book for the pre-conference excursion of INTERRAD VII, Osaka*, Organizing committee of INTERRAD VII, Osaka, 19–61.
- McLennan, S. M., 2001, Relationships between the trace element composition of sedimentary rocks and upper continental crust. *Geochem. Geophys. Geosyst.*, **2**, 2000GC000109, doi: 10.1029/2000GC000109.

- Onoue, T., Sato, H., Yamashita, D., Ikehara, M., Yasukawa, K., Fujinaga, K., Kato, Y. and Matsuoka, A., 2016, Bolide impact triggered the Late Triassic extinction event in equatorial Panthalassa. *Sci. Rep.*, **6**, 29609, doi: 10.1038/srep29609.
- Sugiyama, K., 1997, Triassic and Lower Jurassic radiolarian biostratigraphy in the siliceous claystone and bedded chert units of the southeastern Mino Terrane, Central Japan. *Bull. Mizunami Fossil Mus.*, **24**, 79–193.
- Uno, K., Yamashita, D., Onoue, T. and Uehara, D., 2015, Paleomagnetism of Triassic bedded chert from Japan for determining the age of an impact ejecta layer deposited on peri-equatorial latitudes of the paleo-Pacific Ocean: A preliminary analysis. *Phys. Earth Planet. Int.*, **249**, 59–67.
- Wakita, K., 1988, Origin of chaotically mixed rock bodies in the Early Jurassic to Early Cretaceous sedimentary complex of the Mino Terrane, central Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **39**, 675-757.
- Yamashita, D., Kato, H., Onoue, T. and Suzuki, N., 2018, Integrated Upper Triassic conodont and radiolarian biostratigraphies of the Panthalassa Ocean. *Paleont. Res.*, **22**, 167–197.
- Yao, A., Matsuda, T. and Isozaki, Y., 1980, Triassic and Jurassic radiolarians from the Inuyama area, central Japan. *Jour. Geosci. Osaka City Univ.*, **23**, 135–154.



**Fig. A1.** Geologic and location maps of the study sections along the Kiso River, central Japan.

Modified after Wakita (1988).



**Fig. A2.** Field occurrence of Late Triassic bedded chert at Sakahogi in the Inuyama area in the Mino Belt, Japan. (a) lower Upper Norian (lower Sevatican; *Epigondolella bidentata* conodont zone) bedded chert. (b) upper Upper Norian (upper Sevatican; *Misikella hernsteini* conodont zone) bedded chert. Scale bars, 5 cm.

**Table A1.** Major element data for samples from the Sakahogi section. Major element compositions of the Sakahogi chert and claystone samples normalized to 100 wt%.

Sample	Height (cm)	Na <sub>2</sub> O (%)	MgO (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	CaO (%)	TiO <sub>2</sub> (%)	MnO (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> * (%)	BSiO <sub>2</sub> † (%)	Na <sub>EF</sub> # (%)	Mg <sub>EF</sub> # (%)	Si <sub>EF</sub> # (%)	K <sub>EF</sub> # (%)	Ti <sub>EF</sub> # (%)
SH216-4	26.8	0.04	0.66	2.67	94.4	0.04	0.74	0.12	0.10	0.02	1.20	82.8	0.03	1.72	8.16	0.62	0.85
SH216-3	25.7	0.03	0.53	2.47	94.8	0.05	0.70	0.13	0.11	0.02	1.16	84.1	0.02	1.49	8.84	0.64	1.00
SH216-2	24.6	0.04	0.35	1.74	96.3	0.04	0.47	0.11	0.08	0.02	0.86	88.7	0.05	1.39	12.7	0.61	0.98
SH216-1	23.5	0.04	0.47	1.77	96.1	0.04	0.47	0.10	0.07	0.02	0.88	88.5	0.05	1.83	12.5	0.59	0.88
SH217-3	22.5	0.03	0.60	2.81	94.3	0.04	0.77	0.11	0.10	0.02	1.26	82.1	0.02	1.47	7.74	0.62	0.77
SH217-2	21.5	0.03	0.33	2.14	95.7	0.04	0.59	0.11	0.08	0.01	0.96	86.4	0.03	1.06	10.3	0.62	0.86
SH217-1	20.7	0.04	0.67	3.20	93.4	0.05	0.91	0.13	0.11	0.02	1.47	79.5	0.03	1.44	6.73	0.64	0.80
SH218-3	19.6	0.04	0.62	3.01	93.8	0.06	0.80	0.12	0.12	0.02	1.45	80.7	0.03	1.43	7.19	0.60	0.91
SH218-2	18.9	0.05	0.32	2.14	95.6	0.05	0.56	0.11	0.09	0.01	1.04	86.3	0.05	1.04	10.3	0.59	0.93
SH218-1	18.2	0.05	0.51	2.73	94.5	0.05	0.71	0.13	0.10	0.01	1.23	82.6	0.04	1.29	7.97	0.58	0.79
SH218-219	17.5	0.11	2.27	12.7	56.7	0.15	4.77	0.50	0.77	0.08	7.69	1.71	0.02	1.23	1.03	0.85	1.35
SH219-3	17.0	0.03	0.48	2.64	94.6	0.05	0.72	0.11	0.10	0.01	1.22	83.2	0.02	1.25	8.25	0.62	0.84
SH219-2	16.2	0.03	0.27	1.85	96.3	0.02	0.49	0.10	0.07	0.01	0.87	88.2	0.03	1.02	12.0	0.59	0.89
SH219-1	15.4	0.04	0.59	3.19	93.5	0.06	0.89	0.14	0.12	0.02	1.41	79.7	0.02	1.27	6.75	0.62	0.80
SH220-219	14.7	0.14	3.06	17.8	62.7	0.16	5.71	0.62	0.87	0.07	8.78	0.02	1.18	0.81	0.72	1.09	
SH220-3	14.0	0.05	0.57	2.78	94.3	0.05	0.76	0.11	0.10	0.02	1.30	82.2	0.03	1.42	7.82	0.61	0.84
SH220-2	13.2	0.04	0.29	1.93	96.1	0.02	0.52	0.09	0.08	0.02	0.91	87.7	0.04	1.04	11.5	0.61	0.90
SH220-1	12.4	0.04	0.56	2.84	94.2	0.06	0.76	0.12	0.10	0.02	1.28	81.9	0.03	1.37	7.65	0.61	0.80
SH221-5	11.5	0.04	0.53	2.81	94.2	0.05	0.78	0.12	0.11	0.01	1.35	82.0	0.02	1.29	7.72	0.62	0.89
SH221-4	10.5	0.04	0.36	2.15	95.5	0.03	0.59	0.10	0.09	0.01	1.10	86.2	0.04	1.15	10.2	0.61	0.96
SH221-3	9.5	0.06	0.29	1.95	96.0	0.04	0.52	0.10	0.08	0.01	0.97	87.5	0.06	1.03	11.3	0.60	0.96
SH221-2	8.5	0.04	0.37	2.19	95.5	0.04	0.59	0.11	0.09	0.02	1.09	86.0	0.03	1.18	10.1	0.60	0.94
SH221-1	7.7	0.04	0.69	3.14	93.6	0.06	0.86	0.13	0.12	0.02	1.38	79.9	0.03	1.52	6.86	0.62	0.83
SH222-3	6.5	0.03	0.70	3.51	92.8	0.05	1.03	0.14	0.15	0.02	1.59	77.6	0.02	1.37	6.10	0.66	0.95
SH222-2	5.4	0.04	0.39	2.48	94.9	0.05	0.73	0.12	0.11	0.01	1.21	84.1	0.03	1.09	8.80	0.66	0.96
SH222-1	4.3	0.03	0.75	3.37	93.0	0.07	0.92	0.17	0.13	0.02	1.52	78.4	0.02	1.53	6.36	0.61	0.85
SH223-222	3.6	0.12	3.00	16.8	64.6	0.13	5.76	0.53	0.83	0.08	8.15	0.01	1.23	0.88	0.77	1.09	
SH223-3	3.0	0.04	0.64	2.61	94.5	0.04	0.70	0.10	0.09	0.02	1.26	83.2	0.03	1.70	8.35	0.60	0.79
SH223-2	2.2	0.05	0.56	2.75	94.3	0.05	0.75	0.12	0.11	0.01	1.26	82.4	0.04	1.41	7.92	0.62	0.86
SH223-1	1.3	0.05	0.86	3.71	92.2	0.07	1.07	0.15	0.15	0.03	1.76	76.0	0.03	1.59	5.72	0.65	0.87
SH224-223	0.5	0.14	3.15	16.4	65.3	0.11	5.51	0.48	0.82	0.08	8.03	0.02	1.32	0.92	0.76	1.11	
NHR97-3	32.5	0.05	0.49	2.45	94.8	0.05	0.69	0.10	0.11	0.02	1.19	84.2	0.04	1.39	8.93	0.63	1.01
NHR97-2	31.3	0.04	0.37	2.06	95.7	0.05	0.57	0.10	0.10	0.03	0.97	86.8	0.04	1.22	10.7	0.62	1.03
NHR97-1	30.3	0.04	0.48	2.29	95.3	0.04	0.62	0.09	0.09	0.02	1.05	85.3	0.04	1.46	9.59	0.61	0.92
NHR96-97	29.6	0.13	2.69	16.3	53.8	0.24	5.99	0.76	1.07	0.16	7.79	0.02	1.14	0.76	0.83	1.45	
NHR96-3	29.2	0.04	0.55	2.53	94.7	0.04	0.69	0.10	0.11	0.06	1.22	83.7	0.03	1.51	8.64	0.61	0.92
NHR96-2	28.0	0.05	0.35	1.88	95.6	0.04	0.51	0.11	0.09	0.03	1.01	87.5	0.05	1.27	11.7	0.61	1.02
NHR96-1	26.8	0.04	0.68	3.56	92.4	0.06	1.03	0.14	0.16	0.10	1.84	76.9	0.02	1.32	5.98	0.65	0.98
NHR95-2	25.3	0.05	0.40	1.96	95.7	0.04	0.52	0.09	0.08	0.08	1.13	87.2	0.04	1.40	11.3	0.60	0.93
NHR94-95	24.4	0.11	3.20	17.6	57.6	0.16	5.89	0.71	0.95	0.12	13.70	0.01	1.25	0.75	0.75	1.20	
NHR94-3	23.9	0.03	0.62	2.91	94.0	0.03	0.82	0.10	0.11	0.03	1.31	81.4	0.02	1.46	7.45	0.64	0.88
NHR94-2	23.2	0.04	0.25	1.43	96.9	0.02	0.39	0.07	0.07	0.03	0.76	90.7	0.06	1.21	15.6	0.62	1.01
NHR93-94	22.0	0.12	3.34	16.4	52.4	0.17	5.43	0.50	0.99	0.62	11.56	0.01	1.41	0.74	0.75	1.35	
NHR93-5	21.4	0.04	0.74	2.74	94.0	0.04	0.73	0.11	0.11	0.04	1.44	82.1	0.03	1.85	7.90	0.60	0.92
NHR93-4	20.5	0.04	0.38	1.83	95.8	0.04	0.49	0.12	0.09	0.14	1.11	87.8	0.05	1.42	12.1	0.60	1.05
NHR93-3	19.5	0.03	0.41	2.18	95.1	0.06	0.65	0.14	0.11	0.05	1.30	85.6	0.03	1.29	10.0	0.67	1.12
NHR93-2	18.5	0.03	0.32	1.91	95.8	0.04	0.56	0.11	0.09	0.02	1.10	87.5	0.03	1.15	11.6	0.66	1.08
NHR93-1	17.5	0.03	0.51	2.53	94.4	0.06	0.74	0.13	0.11	0.02	1.48	83.4	0.02	1.40	8.58	0.66	0.96
NHR92-3	16.5	0.04	0.47	2.32	95.0	0.03	0.64	0.11	0.10	0.02	1.23	85.0	0.04	1.39	9.46	0.63	0.93
NHR92-2	15.5	0.03	0.34	1.95	95.9	0.04	0.54	0.11	0.09	0.02	0.98	87.4	0.03	1.18	11.3	0.62	0.99
NHR92-1	14.5	0.04	0.50	2.62	94.6	0.06	0.77	0.13	0.10	0.01	1.21	83.2	0.03	1.33	8.33	0.66	0.87
NHR91-92	14.0	0.13	3.29	17.8	50.2	0.35	6.12	1.05	1.19	0.37	9.30	0.01	1.27	0.65	0.77	1.48	
NHR91-3	13.7	0.05	0.74	3.16	93.4	0.06	0.87	0.15	0.12	0.02	1.44	79.7	0.03	1.62	6.81	0.62	0.84
NHR91-2	12.8	0.04	0.47	2.10	95.3	0.05	0.57	0.13	0.09	0.02	1.18	86.2	0.04	1.53	10.5	0.62	0.95
NHR91-1	12.0	0.05	0.77	2.98	93.6	0.06	0.80	0.15	0.10	0.02	1.44	80.7	0.03	1.77	7.24	0.61	0.74
NHR90-3	11.2	0.05	0.69	2.99	93.5	0.06	0.84	0.17	0.11	0.02	1.53	80.6	0.04	1.58	7.21	0.64	0.84
NHR90-2	10.3	0.03	0.46	2.43	94.9	0.04	0.68	0.12	0.10	0.01	1.23	84.3	0.03	1.30	9.00	0.63	0.92
NHR90-1	9.5	0.04	0.61	2.93	93.9	0.05	0.84	0.13	0.11	0.02	1.38	81.2	0.03	1.44	7.39	0.65	0.83
NHR89-90	9.0	0.15	2.53	15.9	52.5	0.30	5.82	0.93	1.15	0.36	8.59	0.02	1.10	0.76	0.82	1.60	
NHR89-3	8.7	0.04	0.82	3.54	92.5	0.06	0.99	0.16	0.14	0.02	1.75	77.1	0.02	1.60	6.02	0.63	0.87
NHR89-2	7.8	0.04	0.33	2.06	95.6	0.04	0.57	0.12	0.09	0.02	1.12	86.6	0.04	1.09	10.7	0.63	0.97
NHR89-1	6.9	0.05	0.71	3.51	92.6</												

**Table A2.** Analytical results of major element in reference material (JCh-1) by XRF.

	Na <sub>2</sub> O (%)	MgO (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	CaO (%)	TiO <sub>2</sub> (%)	MnO (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> * (%)
This work <sup>†</sup> (n = 20) <sup>#</sup>	0.037 ± 0.006	0.073 ± 0.003	0.733 ± 0.004	97.70 ± 0.09	0.016 ± 0.004	0.220 ± 0.002	0.046 ± 0.001	0.030 ± 0.006	0.018 ± 0.001	0.355 ± 0.001
Reference (Imai et al., 1996)	0.031	0.075	0.734	97.81	0.017	0.221	0.045	0.032	0.017	0.356

\* Total iron as Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

† Errors are standard deviations of repeated analyses (1 s).

# n means number of analysis.