

中部地方中央構造線沿いに露出するマイロナイトの
全岩主成分元素組成

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2008-01-25 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 牧野, 剛士, 道林, 克禎 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00000348

中部地方中央構造線沿いに露出する マイロナイトの全岩主成分元素組成

牧野剛士^{1*}・道林克禎¹

Whole-rock major element composition of the mylonites along the Median Tectonic Line, central Japan

Tsuyoshi MAKINO^{1*} and Katsuyoshi MICHIBAYASHI¹

Abstract The whole-rock major element composition of the mylonites in the Kashio shear zone along the Median Tectonic Line in the vicinity of Takato-Ichinose and Kashio, Nagano Prefecture were analysed by X-ray fluorescence spectrometry, together with those of the Hiji tonalites. The mylonites were tentatively classified into three types based on mesoscopic occurrences of feldspar porphyroclasts: porphyroclastic type, fine-porphyroclastic type and fine-grained type. The porphyroclastic type is characterized by coarse-grained feldspar porphyroclasts in a fine-grained matrix containing quartz, feldspar and phyllosilicate aggregates. The fine-porphyroclastic type seems to be well-deformed porphyroclastic mylonites, so that the size of feldspar porphyroclasts is smaller than that within the porphyroclastic type due to intense grain size reduction. The fine-grained type contains only a few feldspar porphyroclasts in a well-banded fine-grained matrix. There exists no systematic difference between the chemical compositions of these three types of mylonites. The SiO₂ contents range from 51 to 73 wt.%. Concentrations of TiO₂, FeO, MnO, MgO, K₂O and P₂O₅ were proportioned to SiO₂ content but tend to be scattered at SiO₂ > 70 wt.%. The chemical compositions of the Hiji tonalites are indistinguishable from those of the mylonites, consistent with the idea that the Hiji tonalite is a source rock of the three types of mylonites.

Key words: the Median Tectonic Line, the Kashio shear zone, mylonite, Hiji tonalite, whole-rock major element, Takato, Ichinose, Ohshika.

はじめに

中部地方領家帯の東縁には、中央構造線に沿って延性剪断帯が細長く露出している（例えば 原ほか, 1977; 高木, 1984; MICHIBAYASHI and MASUDA, 1993; YAMAMOTO, 1993; OHTOMO, 1993）。この剪断帯内では、領家帯の古期花こう岩類と変成岩類が細粒化してマイロナイトになっている。特に、石英・長石・黒雲母の非常に細粒化した基質部に、粗粒な長石粒子がポーフィロクラストとして存在するマイロナイト（ポーフィロクラスティックマイロナイト）は、HARADA (1890) によって鹿塩片麻岩と呼ばれて以来、その成因や原岩について多くの議論がなされてきた（例

えば、杉山, 1939; HASHIMOTO, 1957; HAYAMA, 1959; 端山ほか, 1963; ONO, 1974; 高木, 1984など）。現在では、このマイロナイトは、非持トータル岩を主体とした古期領家花こう岩類が剪断帯の発達にともなうマイロナイト化作用（mylonitization）によって細粒化した変形岩である、とされている（例えば、高木, 1984; 牧本ほか, 1996）。けれども、非持トータル岩の岩相変化は著しく（高木, 1984）、また、連続的な露頭で原岩からマイロナイトへの漸移性を直接確かめることが難しいため、すべてのポーフィロクラスティックマイロナイトについて、この解釈が適当であるのかどうかははっきりしているわけではない（例えば、ONO, 1974; 小野, 1984, 増田ほか, 1990）。また、これまで

¹静岡大学理学部地球科学教室, 422 静岡市大谷836.

*現所属: 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻, 606-01 京都市左京区北白川追分町.

¹Institute of Geosciences, Shizuoka University, 836 Oya, Shizuoka, 422 Japan.

*present address: Department of Geology and Mineralogy, Kyoto University, Kyoto, 606-01 Japan.

E-mail: makino@kueps.kyoto-u.ac.jp (T.M), sekmich@sci.shizuoka.ac.jp (K.M)

の鹿塩剪断帯のマイロナイトの微細変形組織に関する研究のほとんどは、動的再結晶作用 (dynamic recrystallization) による石英の細粒化、非共軸剪断変形 (non-coaxial ductile shear deformation) による非対称組織発達、そして長石ポーフィロクラストの破壊現象について解析したものである (例えば, HARA *et al.*, 1980; TAKAGI, 1986; MASUDA *et al.*, 1995; MICHIBAYASHI, 1993, 1996b, およびこれらの引用文献を参照)。けれども、最近, MICHIBAYASHI (1996a, b) は、延性剪断帯の活動時に熱水変質作用があり、それによって流体移動と溶解-沈殿作用 (dissolution-precipitation process) がマイロナイトの組織発達に関与したことを示唆した。延性剪断帯発達時の流体移動は物質移動を引き起こし、剪断帯内では体積減 (volume loss) となることが報告されている (e.g., O'HARA, 1988; 1990)。そのため、鹿塩剪断帯のポーフィロクラスティックマイロナイトの原岩推定の困難さには、流体移動に関連した物質移動による影響が1つの要因として存在するのかもしれない。そこで著者らは、マイロナイトにどのくらいの物質移動があったのかを定量的に議論するために必要な岩石学的情報を得ることを目的として、マイロナイトとその原岩と考えられている非持トータル岩の全岩化学組成を広域的に測定した。これらの岩石の全岩化学組成については、これまで蟹沢 (1961)、小野 (1981) および高木 (1984) などで数例報告されているだけである。本論では、新たに100地点以上から採取されたマイロナイトと非持トータル岩の全岩化学組成の分析結果を報告し、今後の研究の基礎データとしたい。

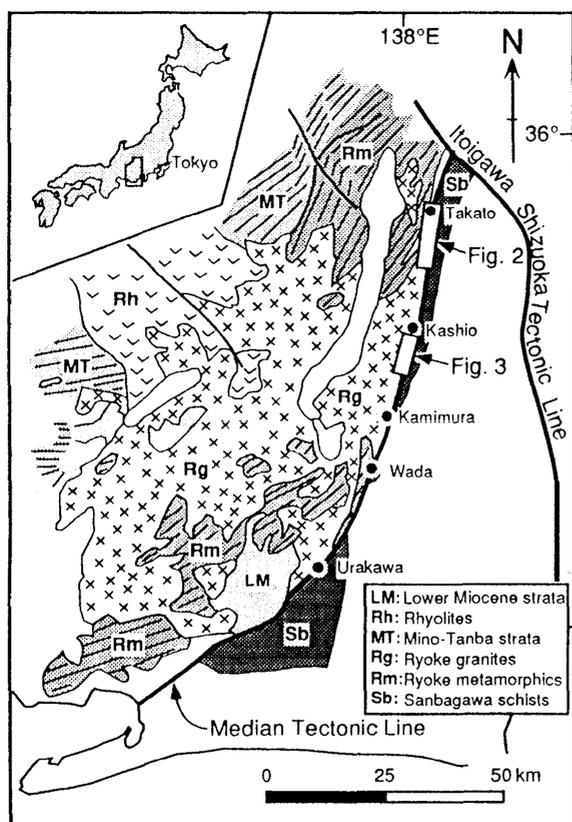


図1 中部地方領家帯の地質概略図。
Fig. 1 Index map.

試料採取地点

分析した試料は、中央構造線に沿って、長野県上伊那郡高遠町月蔵山付近から長谷村市野瀬南方の分杭峠までの地域 (図1と図2; 以下、高遠~市野瀬地域とする) と、下伊那郡大鹿村の大河原から南方の地蔵峠までの地域 (図1と図3; 以下、鹿塩南部地域とする) の2地域から採取された。試料番号は、付図1と2に示してある。

試料の岩相タイプ区分

上に述べたように、本地域のマイロナイトの原岩の推定は困難である。また、マイロナイトの組織についても十分に解明されていないため、現段階では普遍的な岩相区分は不可能である。本研究では、分析に使用したマイロナイトを、研磨面での見かけ上の組織の違いに基づいて以下に示す3つの岩相タイプに分類した。ここでの岩相タイプの分類は、ポーフィロクラストの量比や粒径などによる定量的なものではなく、あくまで便宜的なものである。

本地域のマイロナイトは、肉眼で斜長石ポーフィロクラストを確認できるものと確認できないものの2つに大局的に区分される。さらに前者は、ポーフィロクラストの量と大きさから粗粒タイプと細粒タイプに大まかに分けられる。そこで、本論では、肉眼でポーフィロクラストを確認できるマイロナイトのなかで、比較的塊状で粗粒な組織を有するものを粗粒ポーフィロクラスティック・タイプ (Porphyroclastic type; 図4A) とし、それ以外の比較的縞状で斜長石ポーフィロクラストの粒径の小さなものを細粒ポーフィロクラスティック・タイプ (Fine-porphyroclastic type; 図4B) とした。そして、肉眼でポーフィロクラストをほとんど確認できないマイロナイトを、細粒緻密タイプ (Fine-grained type; 図4C) とした。また、高遠~市野瀬地域には、マイロナイトの原岩と考えられている変形をあまり受けていない非持トータル岩が分布している。これらのトータル岩は、主に黒雲母や角閃石が配列した縞状組織の発達する中粒な岩石である。その岩相はトータル岩質からカリ長石を比較的多く含んだ花こう閃緑岩質まで様々である。また、縞状構造のあまり発達していない部分も認められるが、縞状構造の発達した部分との境界は明瞭ではない。本論では、このような未変形あるいは弱変形の非持トータル岩をマイロナイトと区別するためにトータル岩タイプ (Tonalitic type; 図4D) として記載した。これらの岩相のタイプ区分に基づき、調査地域の地質構造について、以下に簡単に記載する。

高遠~市野瀬地域

高遠~市野瀬地域の中央構造線の走向はほぼ南北で、傾斜はほとんど垂直である (図2)。本地域には、中央構造線の近傍に非持トータル岩とマイロナイト (トータル岩タイプ、粗粒ポーフィロクラスティック・タイプ、細粒ポーフィロクラスティック・タイプ、細粒緻密タイプ) が分布し、これらの西側に領家変成岩類が分布し、それに領家花こう岩類が南向花こう岩、勝間花こう岩、落合花こう岩の順に貫入している (例えば、HAYAMA, 1959, 1960; 蟹沢, 1961; 小野, 1969; 高

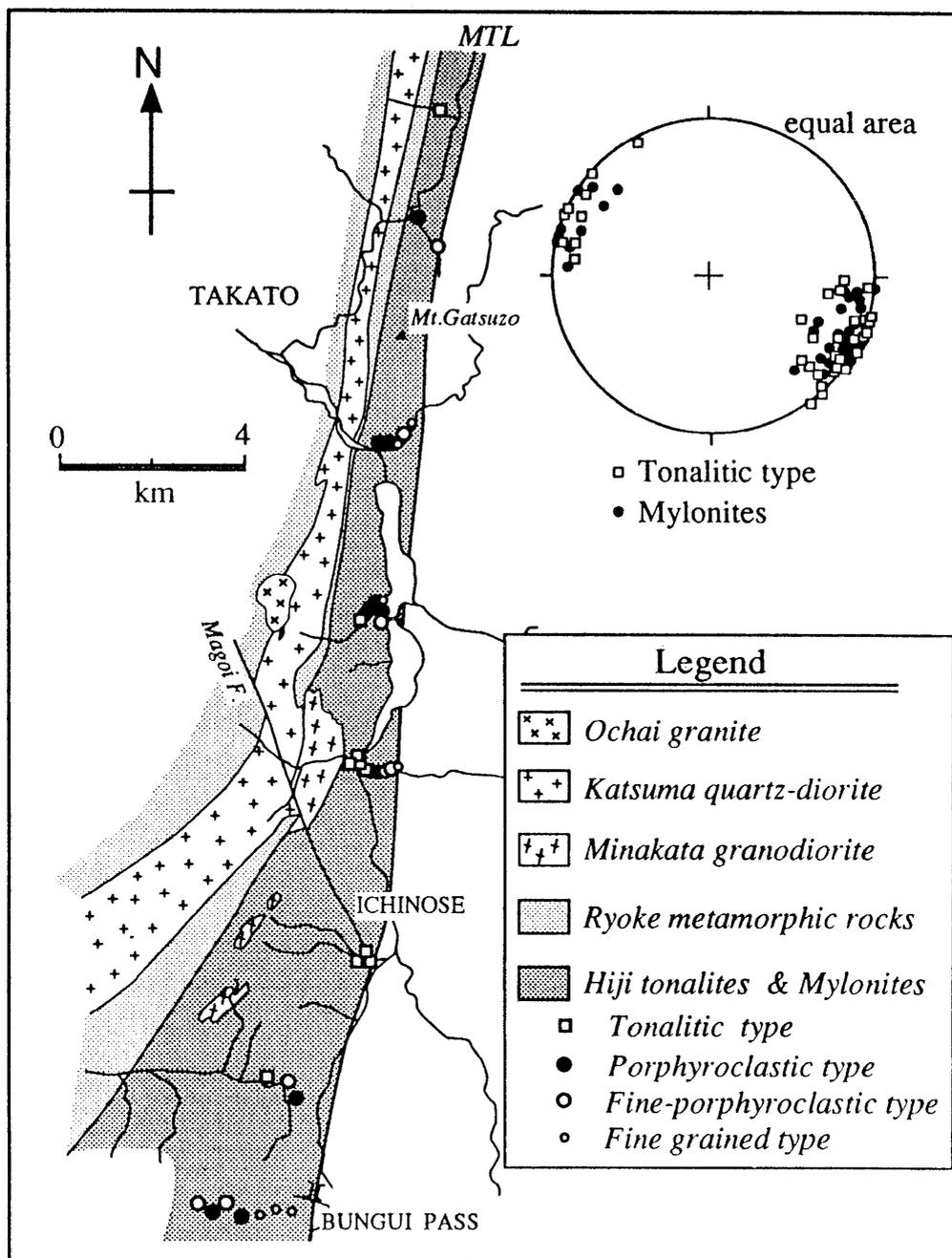


図2 高遠～市野瀬地域の地質図と分析試料採取地点。
 Fig. 2 Geological map in the vicinity of Takato-Ichinose. Sample locations are shown.

木, 1984など), マイロナイトは, 中央構造線の西側約1.5km以内に分布している。また, 中央構造線に近い露頭では, これらのマイロナイトが緑泥石化の変質作用を被っている。大局的には, 中央構造線に向かうほど, その組織がより細粒であり, 未変形あるいは弱変形のトータル岩タイプから粗粒ポーフロクラスティック・タイプ, 細粒ポーフロクラスティック・タイプ, 細粒緻密タイプの順に露出している(図2)。ただし, 市野瀬付近では, 中央構造線近傍に弱変形のトータル岩タイプが認められた。本研究では, 中央構造線に直交するようなルートで測定用の試料の採取を行った(図2; 試料番号については付図1を参照)。

鹿塩南部地域

中央構造線の走向は南南西から北北東であり, 傾斜はほぼ垂直である(田中ほか, 1996)。本地域は, マイロナイト(粗粒ポーフロクラスティック・タイプ, 細粒ポーフロクラスティック・タイプ, 細粒緻密タイプ), 領家変成岩類, そして南向花こう閃緑岩から構成されている。本地域には, 未変形あるいは弱変形のトータル岩タイプは分布していない。マイロナイトは, 中央構造線の西側約1.5km以内に分布している。このマイロナイトと領家変成岩類は, 全体として西に40°~60°で傾斜する構造をもっている(図3の断面図)。試料の採取地点を, その岩相タイプ区分とともに図3

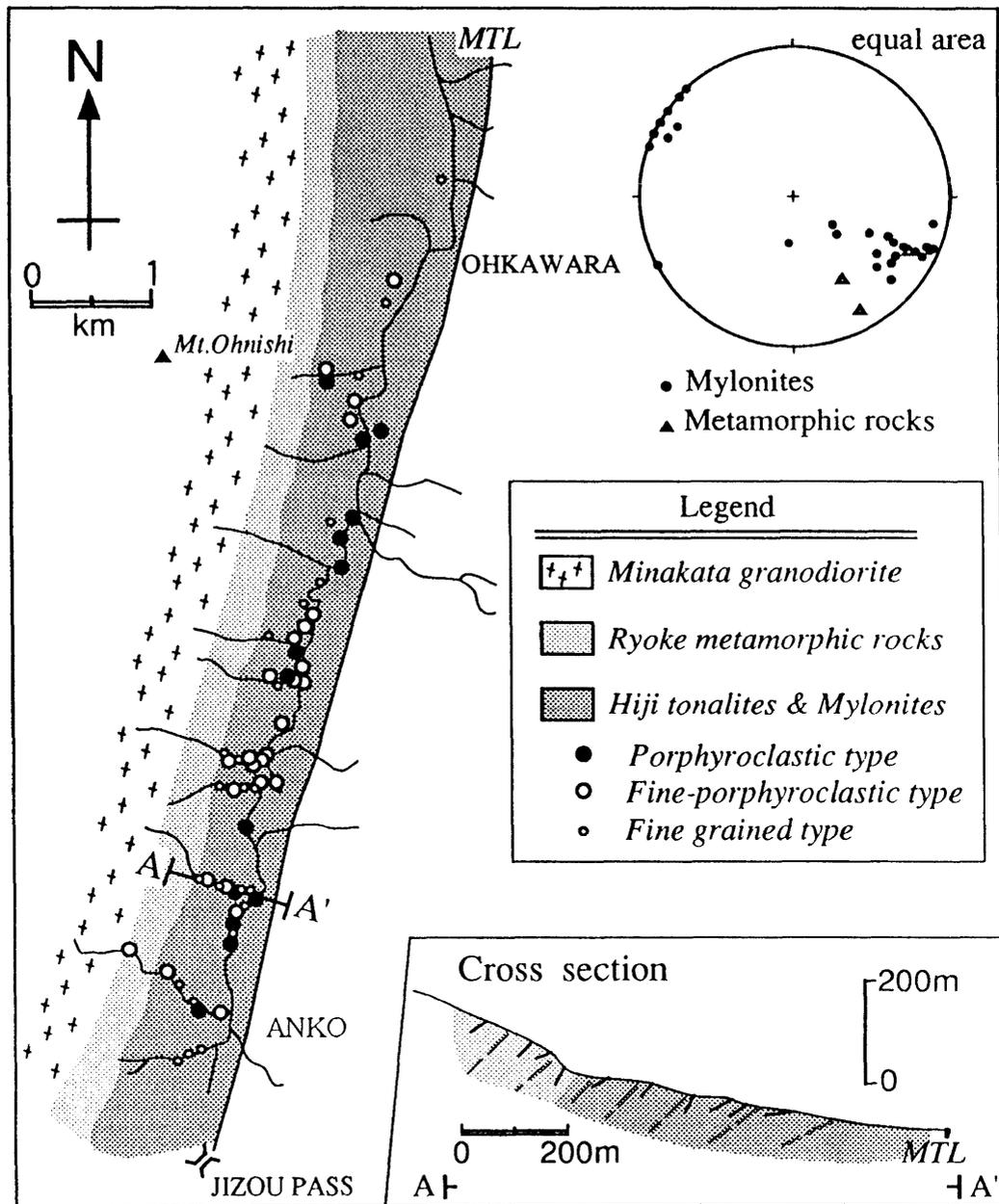


図3 鹿塩南部地域の地質図と分析試料採取地点。
Fig. 3 Geological map in the vicinity of Kashio. Sample locations are shown.

に示す(試料番号は付図2を参照)。高遠～市野瀬地域で見られるようなマイロナイトの岩相タイプ区分による大局的な傾向は、本地域では見られない。

分析法

主成分元素の全岩化学分析は、静岡大学理学部地球科学教室のXRF(波長分散型蛍光X線分析装置、フィリップス社製 - PW2400型WDS)を用いて行った。分析試料の準備と測定方法は、望月(1997)に従った。以下、簡単に作業手順を述べる。詳細は、望月(1997)を参照されたい。

本研究に使用したマイロナイトは肉眼的に非常に不均質なので、妥当な全岩化学組成を求めるために最低50gの全岩試料を用いた。採取してきた岩石試料は、

中型カッターなどを用いて厚さ5～10mm程度の岩片にし、明らかに変質している部分や脈は取り除いた。次に、岩片をタングステンカーバイドの乳鉢で、2～4mm角ほどの大きさに粗割りした後、遊星型ボールミルを用いて粉碎した。試料に揮発性成分が多量に含まれている場合には、陶器製のるつぼ中に試料を入れ、900℃のオープンで約8時間加熱して揮発性成分を除去した。こうして得られた岩石粉末 0.5000 ± 0.0001 gと融剤 5.000 ± 0.0010 gを精秤し混合させたものを合金製(Pt 95%, Au 5%)のるつぼに入れ、ビードサンプラを用いてガラスビード化した。このガラスビードをXRFで分析した。

ガラスビードを作成するためには、試料-融剤混合物を高温で熱し溶解させる。この時、花こう岩のような珪長質の試料では、次のような問題がある。花こう

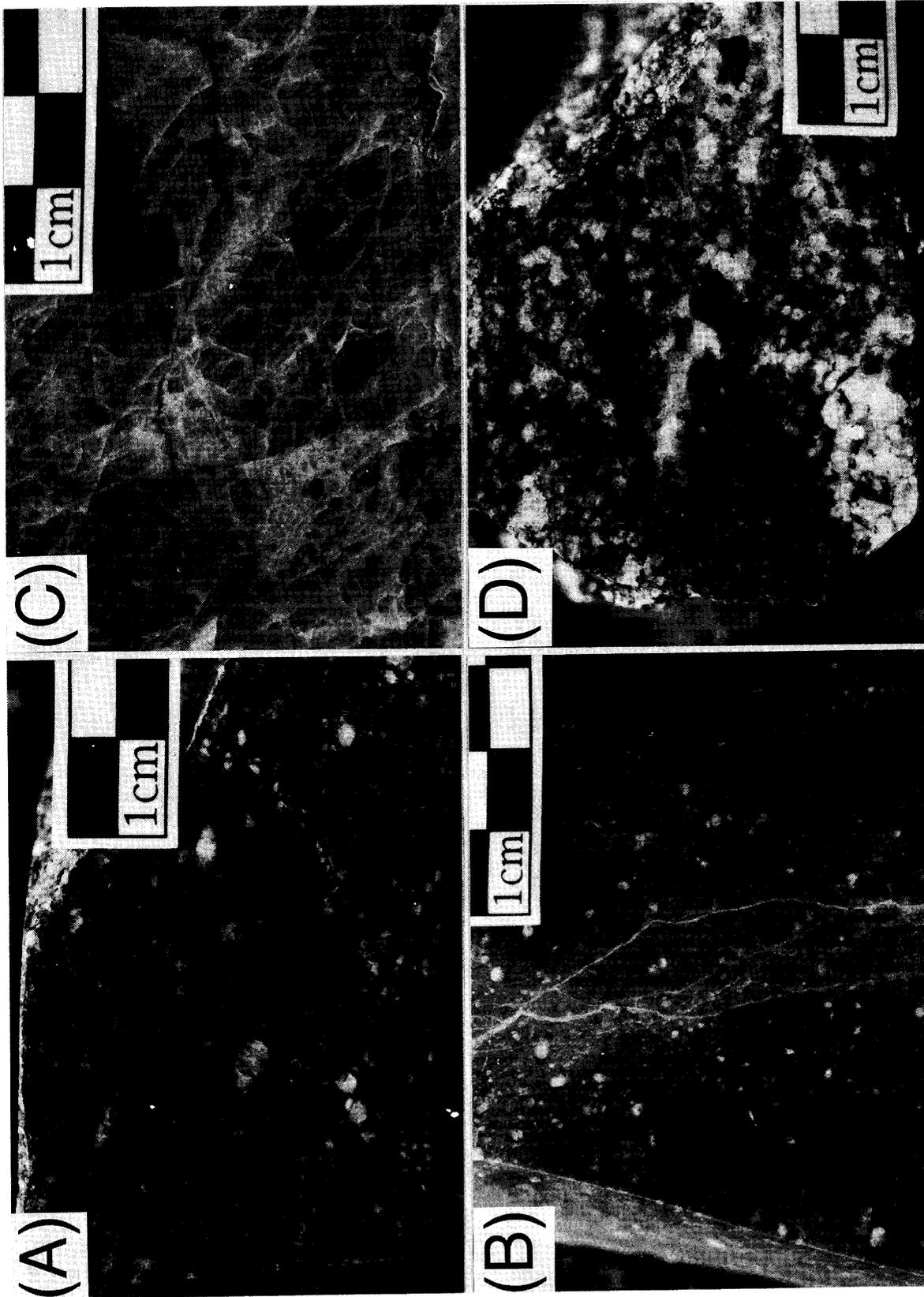


図4 試料の研磨面写真。(A) 粗粒ポーフィロクラスティック・タイプ 試料番号: O-11 (B) 細粒ポーフィロクラスティック・タイプ 試料番号: O-07 (C) 細粒緻密タイプ 試料番号: O-48 (D) トーナラル岩タイプ 試料番号: T-19
 Fig. 4 Photographs of polished surfaces of the samples. (A) Porphyroclastic type. Sample no.: O-11 (B) Fine porphyroclastic type. Sample no.: O-07 (C) Fine grained type. Sample no.: O-48 (D) Tonalitic type. Sample no.: T-19

表1 トーナル岩タイプとマイロナイトの全岩主成分元素組成
Table 1 Whole rock major element compositions of tonalites and mylonites.

Sample No.	O-01	O-02	O-03	O-04	O-05	O-06	O-07	O-08	O-09	O-10	O-11	O-12	O-13	O-14	O-15	O-16	O-17	
Locality	Ohshika																	
SiO ₂ (wt%)	54.83	60.19	62.33	59.12	59.33	64.97	67.62	68.86	61.84	59.00	61.97	60.32	60.10	61.80	62.41	57.39	60.12	
TiO ₂	1.15	0.78	0.42	0.81	0.70	0.48	0.47	0.44	0.85	0.93	0.79	0.91	0.80	0.77	0.67	0.98	0.74	
Al ₂ O ₃	17.27	17.19	15.29	16.71	16.38	16.86	16.13	14.75	17.04	16.77	16.82	17.31	16.27	16.98	17.68	18.59	16.85	
FeO*	8.93	6.13	5.71	6.86	6.57	4.11	3.94	3.79	6.35	7.72	6.13	7.11	6.53	5.46	4.89	6.57	6.45	
MnO	0.17	0.12	0.11	0.11	0.11	0.07	0.06	0.06	0.14	0.14	0.11	0.11	0.11	0.09	0.08	0.12	0.12	
MgO	3.70	2.86	5.58	2.90	3.02	1.45	1.21	1.13	3.18	2.54	2.77	3.05	2.87	2.26	1.91	2.79	3.00	
CaO	7.71	5.80	5.06	5.74	6.17	4.40	3.89	2.30	5.95	6.29	5.89	5.01	4.32	3.64	5.46	6.57	6.76	
Na ₂ O	2.59	3.37	2.67	3.22	2.85	3.76	4.33	4.76	3.00	3.03	3.25	3.35	3.76	3.28	3.77	3.56	3.26	
K ₂ O	1.51	1.68	1.96	0.98	1.85	1.79	0.84	1.60	1.38	0.78	1.38	2.07	1.89	1.85	1.42	1.03	1.85	
P ₂ O ₅	0.24	0.18	0.11	0.14	0.15	0.14	0.13	0.12	0.16	0.20	0.18	0.19	0.20	0.19	0.17	0.22	0.16	
Total	98.09	98.29	99.24	96.59	97.13	98.03	98.62	97.83	99.86	97.40	99.28	99.43	96.83	96.33	98.47	97.82	99.30	
Recalculated to 100wt% on an anhydrous basis																		
SiO ₂ (wt%)	56.41	61.62	63.18	61.65	61.51	66.55	68.84	70.67	62.33	61.06	62.81	61.10	62.48	64.52	63.70	59.07	60.94	
TiO ₂	1.18	0.80	0.42	0.84	0.73	0.49	0.48	0.45	0.85	0.96	0.80	0.93	0.83	0.81	0.69	1.01	0.75	
Al ₂ O ₃	17.77	17.60	15.49	17.42	16.97	17.27	16.42	15.14	17.17	17.35	17.05	17.53	16.92	17.73	18.04	19.13	17.06	
FeO*	8.27	5.65	5.21	6.44	6.13	3.79	3.61	3.50	5.76	7.19	5.59	6.48	6.11	5.13	4.50	6.08	5.88	
MnO	0.17	0.12	0.11	0.11	0.12	0.07	0.06	0.06	0.12	0.15	0.11	0.11	0.11	0.10	0.08	0.12	0.12	
MgO	3.80	2.93	5.65	3.03	3.13	1.49	1.21	1.16	3.20	2.63	2.80	3.09	2.98	2.36	1.95	2.87	3.04	
CaO	7.93	5.94	5.13	5.99	6.39	4.51	3.96	2.36	6.00	6.51	5.97	5.07	4.49	3.80	5.57	6.76	6.85	
Na ₂ O	2.67	3.45	2.71	3.36	2.95	3.85	4.41	4.89	3.02	3.13	3.29	3.39	3.91	3.43	3.85	3.66	3.31	
K ₂ O	1.56	1.71	1.98	1.02	1.91	1.83	0.86	1.65	1.39	0.81	1.40	2.10	1.96	1.94	1.45	1.06	1.87	
P ₂ O ₅	0.24	0.19	0.11	0.15	0.16	0.15	0.13	0.13	0.16	0.21	0.18	0.19	0.21	0.20	0.18	0.23	0.17	
Total	98.62	97.78	99.38	99.28	98.39	98.12	99.56	98.01	99.84	98.39	98.96	99.45	98.43	98.52	98.75	97.59	100.12	
Recalculated to 100wt% on an anhydrous basis																		
SiO ₂ (wt%)	72.16	68.78	59.38	74.69	71.72	71.93	60.99	63.93	60.90	68.97	65.11	62.04	63.25	66.98	58.86	61.57	66.83	
TiO ₂	0.26	0.51	0.99	0.18	0.26	0.29	1.10	0.89	0.78	0.47	0.51	0.69	0.71	0.50	0.52	0.83	0.58	
Al ₂ O ₃	14.60	15.76	18.01	13.66	15.27	15.16	18.12	17.49	17.79	16.24	18.07	16.67	17.79	17.56	17.37	16.79	16.79	
FeO*	2.28	4.21	6.27	1.79	2.29	2.52	6.25	5.15	6.63	3.66	3.41	5.53	5.01	4.23	6.89	6.26	4.39	
MnO	0.06	0.10	0.12	0.01	0.05	0.06	0.12	0.10	0.14	0.07	0.05	0.11	0.10	0.08	0.13	0.13	0.08	
MgO	0.52	1.02	3.28	0.20	0.65	0.77	2.33	1.94	2.92	0.94	2.18	1.96	2.46	1.12	3.57	2.46	1.99	
CaO	3.64	3.54	6.44	1.49	2.16	3.05	5.84	5.32	5.85	3.85	5.30	5.44	5.62	4.19	6.38	5.96	4.45	
Na ₂ O	3.69	4.10	3.60	2.84	3.75	3.75	3.75	3.72	3.15	3.94	4.00	3.86	3.36	4.07	3.10	3.54	3.29	
K ₂ O	2.67	1.84	1.67	5.07	3.97	2.37	1.24	1.24	1.66	1.73	1.23	3.48	1.50	1.26	1.78	1.67	1.84	
P ₂ O ₅	0.10	0.14	0.24	0.06	0.10	0.10	0.28	0.21	0.18	0.14	0.14	0.21	0.19	0.17	0.20	0.21	0.15	

表 1 (つづき)
Table 1 (continued)

Sample No.	O-35	O-36	O-37	O-38	O-39	O-40	O-41	O-42	O-43	O-44	O-45	O-46	O-47	O-48	O-49	O-50	O-51
Locality	Ohshika																
SiO ₂ (wt%)	62.90	59.96	59.87	65.03	72.47	66.28	56.98	69.55	61.46	64.08	64.10	66.35	64.36	73.04	61.57	65.46	63.33
TiO ₂	0.68	0.69	0.88	0.60	0.14	0.44	1.09	0.37	0.62	0.63	0.62	0.66	0.66	0.13	0.67	0.53	0.65
Al ₂ O ₃	16.55	16.35	17.77	16.62	14.36	16.35	18.67	15.23	17.11	16.27	16.59	17.31	16.83	13.27	16.38	15.73	17.08
Fe ₂ O ₃	6.15	6.29	6.97	5.16	1.16	4.58	7.11	2.75	5.48	4.52	4.42	4.76	4.79	1.25	6.32	4.09	5.25
MnO	0.11	0.10	0.13	0.09	0.03	0.10	0.15	0.06	0.11	0.08	0.08	0.07	0.07	0.02	0.13	0.07	0.09
MgO	2.88	2.83	3.04	1.78	0.29	0.87	2.77	0.90	2.76	2.15	2.08	2.21	2.19	0.25	2.55	1.34	1.26
CaO	5.51	5.41	6.34	4.81	1.92	3.80	7.02	4.06	5.04	4.86	4.97	4.90	3.13	2.35	5.42	4.03	4.87
Na ₂ O	3.05	2.83	3.15	3.28	3.69	4.70	4.16	3.86	3.74	3.80	4.40	3.90	3.87	2.74	3.25	3.71	3.56
K ₂ O	2.19	2.24	1.31	1.98	3.70	1.08	1.52	2.26	1.61	1.53	1.17	1.41	1.65	5.29	1.78	1.78	1.75
P ₂ O ₅	0.14	0.15	0.18	0.14	0.06	0.16	0.28	0.11	0.15	0.16	0.16	0.16	0.16	0.06	0.15	0.15	0.17
Total	100.18	96.85	99.64	99.48	97.82	96.36	99.76	99.15	98.09	98.08	98.58	100.84	97.71	98.40	98.23	96.89	96.02
Recalculated to 100wt% on an anhydrous basis																	
SiO ₂ (wt%)	63.17	62.32	60.51	65.71	74.17	67.70	57.53	70.34	63.01	65.64	65.32	66.11	66.19	74.32	63.09	67.84	64.96
TiO ₂	0.69	0.72	0.89	0.60	0.14	0.44	1.10	0.37	0.64	0.65	0.63	0.65	0.68	0.13	0.69	0.55	0.66
Al ₂ O ₃	16.63	16.99	17.96	16.80	14.70	16.70	18.85	15.40	17.54	16.67	16.90	17.24	17.31	13.50	16.78	16.31	17.52
FeO*	5.56	5.88	6.34	4.70	1.06	4.21	6.46	2.50	5.06	4.17	4.05	4.27	4.43	1.14	5.83	3.82	4.84
MnO	0.11	0.11	0.13	0.09	0.03	0.10	0.15	0.06	0.11	0.08	0.09	0.07	0.07	0.03	0.13	0.07	0.09
MgO	2.90	2.94	3.07	1.79	0.29	0.89	2.80	0.91	2.83	2.20	2.12	2.20	2.25	0.25	2.61	1.38	1.30
CaO	5.54	5.63	6.41	4.86	1.97	3.89	7.09	4.11	5.16	4.98	5.06	4.00	3.22	2.40	5.55	4.18	5.00
Na ₂ O	3.07	2.94	3.18	3.31	3.78	4.80	4.20	3.91	3.83	3.89	4.48	3.88	3.98	2.78	3.33	3.85	3.66
K ₂ O	2.20	2.33	1.32	2.00	3.79	1.10	1.54	2.28	1.65	1.57	1.19	1.40	1.70	5.38	1.82	1.84	1.80
P ₂ O ₅	0.14	0.15	0.19	0.14	0.06	0.16	0.28	0.11	0.16	0.16	0.16	0.16	0.17	0.06	0.16	0.16	0.17
Total	98.15	96.30	99.43	98.50	96.23	96.29	96.78	95.75	99.58	99.45	98.92	96.76	98.63	94.79	98.56	100.03	99.72
Recalculated to 100wt% on an anhydrous basis																	
SiO ₂ (wt%)	73.91	66.82	94.83	92.03	60.34	62.74	64.36	73.72	66.16	70.89	64.96	63.29	65.96	63.41	74.27	72.87	72.63
TiO ₂	0.44	0.56	0.11	0.13	1.01	0.77	0.68	0.09	0.50	0.35	0.53	0.76	0.61	0.74	0.17	0.55	0.28
Al ₂ O ₃	13.95	16.93	2.63	3.75	17.60	18.18	17.59	16.46	17.33	15.91	18.26	17.52	17.39	16.45	14.39	14.63	15.79
FeO*	2.75	3.97	0.80	1.16	6.70	5.34	4.96	0.43	3.65	3.03	4.51	5.23	4.12	5.48	1.16	3.22	2.06
MnO	0.07	0.08	0.12	0.11	0.14	0.11	0.11	0.01	0.06	0.07	0.08	0.11	0.08	0.13	0.03	0.06	0.05
MgO	1.14	1.57	0.44	0.47	2.42	2.22	1.74	0.16	2.24	0.77	1.12	2.24	1.64	2.49	0.14	1.22	0.50
CaO	2.29	4.13	0.26	1.02	6.85	4.37	4.98	3.93	5.30	3.18	4.69	5.70	3.87	5.72	2.39	1.78	2.93
Na ₂ O	3.78	3.49	0.14	0.59	3.52	3.49	3.34	4.55	3.48	4.14	4.51	3.74	3.87	2.99	3.67	2.40	3.55
K ₂ O	1.56	2.30	0.60	0.65	1.19	2.59	2.05	0.59	1.16	1.56	1.16	1.25	1.24	2.43	3.73	3.13	2.13
P ₂ O ₅	0.12	0.16	0.07	0.10	0.22	0.19	0.19	0.06	0.12	0.13	0.19	0.16	0.16	0.16	0.06	0.15	0.10

表 1 (つづき)
Table 1 (continued)

Sample No.	O-69	O-70	O-71	O-72	O-73	O-74	O-75	T-01	T-02	T-03	T-04	T-05	T-06	T-07	T-08	T-09	T-10	
Locality	Ohshika	Takato																
SiO ₂ (wt%)	66.19	83.87	45.04	44.58	73.63	60.65	59.12	57.74	58.80	73.34	56.51	65.38	66.89	65.25	69.22	74.49	72.70	
TiO ₂	0.80	0.11	4.15	1.10	0.54	0.79	0.91	0.89	0.85	0.26	0.97	0.38	0.49	0.59	0.48	0.12	0.30	
Al ₂ O ₃	16.49	9.32	13.61	10.70	13.92	16.63	17.57	17.08	16.54	12.61	19.16	16.00	15.66	16.41	15.12	13.69	14.25	
Fe ₂ O ₃	5.80	1.85	15.55	12.90	3.98	5.77	6.03	7.37	7.53	4.03	6.80	4.93	3.99	4.54	3.69	1.61	2.73	
MnO	0.13	0.03	0.14	0.17	0.08	0.10	0.13	0.14	0.14	0.08	0.11	0.10	0.06	0.08	0.05	0.02	0.05	
MgO	2.72	0.69	5.10	16.92	1.19	1.92	2.33	3.69	3.23	1.63	3.37	1.56	1.54	1.77	1.26	0.34	0.15	
CaO	2.57	1.82	11.46	11.48	0.43	4.67	6.26	6.62	6.11	1.56	6.90	3.65	3.33	4.53	3.62	0.19	1.33	
Na ₂ O	2.49	0.06	2.13	0.51	2.80	4.11	3.89	3.24	3.14	4.55	3.73	3.31	3.43	3.57	3.19	3.69	4.40	
K ₂ O	2.34	0.71	0.66	0.90	2.87	1.23	0.48	0.90	1.65	0.39	1.87	2.59	2.19	1.64	2.19	2.01	2.82	
P ₂ O ₅	0.09	0.06	0.63	0.11	0.19	0.21	0.19	0.19	0.18	0.10	0.22	0.15	0.12	0.14	0.13	0.06	0.10	
Total	99.62	98.51	98.47	99.36	99.64	96.08	96.89	97.84	98.16	98.54	99.64	98.25	97.70	98.51	98.94	96.22	98.84	
Recalculated to 100wt% on an anhydrous basis																		
SiO ₂ (wt%)	66.83	85.30	46.47	45.45	74.19	63.51	61.41	59.46	60.37	74.73	57.10	66.88	68.74	70.22	77.55	73.76	73.76	
TiO ₂	0.81	0.11	4.28	1.12	0.54	0.83	0.94	0.91	0.87	0.26	0.98	0.39	0.51	0.60	0.49	0.13	0.30	
Al ₂ O ₃	16.65	9.48	14.04	10.91	14.03	17.41	18.24	17.58	16.98	12.85	19.37	16.37	16.09	16.74	15.34	14.25	14.46	
Fe ₂ O ₃ *	5.27	1.70	14.44	11.84	3.61	5.44	5.64	6.83	6.96	3.70	6.18	4.54	3.69	4.17	3.37	1.51	2.49	
MnO	0.13	0.03	0.14	0.17	0.08	0.10	0.14	0.14	0.14	0.08	0.11	0.10	0.06	0.08	0.05	0.02	0.05	
MgO	2.75	0.70	5.26	17.25	1.20	2.01	2.42	3.80	3.31	1.66	3.40	1.59	1.58	1.80	1.28	0.35	0.15	
CaO	2.60	1.85	11.83	11.70	0.44	4.89	6.51	6.82	6.27	1.58	6.97	3.74	3.67	4.62	3.67	0.19	1.35	
Na ₂ O	2.51	0.06	2.19	0.52	2.82	4.30	4.04	3.34	3.22	4.63	3.77	3.38	3.53	3.64	3.23	3.84	4.47	
K ₂ O	2.36	0.72	0.68	0.92	2.89	1.29	0.50	0.93	1.70	0.40	1.89	2.65	2.25	1.67	2.22	2.10	2.86	
P ₂ O ₅	0.09	0.06	0.65	0.12	0.19	0.22	0.20	0.20	0.19	0.10	0.22	0.15	0.13	0.14	0.14	0.06	0.10	
Recalculated to 100wt% on an anhydrous basis																		
SiO ₂ (wt%)	58.62	63.63	65.27	66.00	56.62	60.17	62.73	53.76	61.90	77.49	57.04	65.62	67.35	61.97	71.00	60.92	50.17	
TiO ₂	0.83	0.58	0.60	0.53	1.01	0.76	0.55	1.11	0.47	0.11	1.01	0.53	0.47	0.68	0.31	0.82	1.19	
Al ₂ O ₃	18.24	16.91	16.19	16.72	17.21	16.87	16.05	19.47	15.95	11.07	17.07	15.51	14.54	15.96	15.24	17.49	19.89	
Fe ₂ O ₃	8.20	4.66	4.62	4.18	7.71	7.00	6.21	7.55	6.12	1.27	8.32	4.77	3.80	5.05	1.75	6.16	10.28	
MnO	0.14	0.08	0.09	0.06	0.14	0.13	0.15	0.13	0.12	0.00	0.13	0.07	0.06	0.09	0.06	0.11	0.17	
MgO	2.80	1.70	1.45	1.45	2.63	2.55	2.47	2.70	3.16	0.00	3.48	0.92	0.98	2.36	0.87	2.48	2.36	
CaO	4.35	4.01	5.57	4.18	5.97	5.72	4.88	6.20	5.47	0.42	6.72	2.45	2.63	3.43	3.63	5.48	7.75	
Na ₂ O	4.93	3.77	5.97	3.48	3.87	3.61	3.98	4.18	3.80	2.54	3.28	4.52	3.59	3.88	3.90	3.83	4.01	
K ₂ O	1.41	2.21	1.29	1.75	1.32	1.07	0.97	1.91	1.44	4.84	1.14	2.54	3.28	2.44	1.83	1.81	1.82	
P ₂ O ₅	0.16	0.15	0.18	0.14	0.24	0.15	0.13	0.22	0.10	0.04	0.18	0.15	0.12	0.17	0.12	0.19	0.41	
Total	99.68	97.70	101.23	98.48	96.73	98.02	98.13	97.23	98.51	97.76	98.36	97.07	96.81	96.03	98.70	99.29	98.04	
Recalculated to 100wt% on an anhydrous basis																		
SiO ₂ (wt%)	59.29	65.44	64.77	67.30	59.01	61.82	64.33	55.73	63.22	79.36	58.49	67.94	69.84	64.87	72.06	61.74	51.72	
TiO ₂	0.84	0.59	0.59	0.54	1.05	0.78	0.56	1.15	0.48	0.11	1.03	0.54	0.48	0.71	0.31	0.83	1.22	
Al ₂ O ₃	18.45	17.40	16.06	17.05	17.94	17.33	16.46	20.18	16.29	11.34	17.50	16.06	15.08	16.71	15.47	17.73	20.50	
Fe ₂ O ₃ *	7.47	4.32	4.13	3.84	7.23	6.47	5.73	7.04	5.62	1.17	7.68	4.44	3.54	4.76	1.60	5.62	9.53	
MnO	0.15	0.08	0.09	0.06	0.15	0.14	0.16	0.13	0.12	0.00	0.14	0.07	0.06	0.09	0.06	0.11	0.17	
MgO	2.83	1.75	1.44	1.48	2.74	2.62	2.54	2.79	3.22	0.00	3.57	0.95	1.02	2.47	0.88	2.51	2.43	
CaO	4.40	4.12	5.53	4.26	5.88	5.01	6.43	6.89	5.58	0.43	6.89	2.53	3.73	3.59	3.69	5.55	7.99	
Na ₂ O	4.99	3.87	5.92	3.55	4.03	3.71	4.08	4.33	3.88	2.60	3.36	4.68	3.73	4.06	3.96	3.88	4.13	
K ₂ O	1.43	2.27	1.28	1.78	1.37	1.10	1.00	1.98	1.47	4.95	1.17	2.63	3.40	2.55	1.85	1.83	1.88	
P ₂ O ₅	0.16	0.16	0.18	0.15	0.25	0.15	0.13	0.23	0.10	0.04	0.18	0.15	0.13	0.12	0.12	0.19	0.42	

表 1 (つづき)
Table 1 (continued)

Sample No. Locality	T-28 Takato	T-29 Takato	T-30 Takato	T-31 Takato	T-32 Takato	T-33 Takato	T-34 Takato	T-35 Takato	T-36 Takato	T-37 Takato	T-38 Takato	T-39 Takato	T-40 Takato	U-01 Urakawa	U-02 Urakawa	U-03 Urakawa	U-04 Urakawa
SiO ₂ (wt%)	70.66	69.58	64.29	60.82	71.73	66.50	61.31	57.97	72.96	67.80	70.75	66.19	72.06	68.56	67.45	70.61	64.37
TiO ₂	0.27	0.40	0.65	0.74	0.32	0.53	0.87	0.98	0.08	0.51	0.24	0.65	0.26	0.40	0.65	0.51	0.70
Al ₂ O ₃	15.01	15.08	16.98	16.67	14.56	16.81	16.91	17.54	13.59	16.05	14.07	16.71	14.90	16.04	15.31	15.31	17.36
Fe ₂ O ₃	2.18	3.48	5.52	6.29	2.22	4.74	7.02	8.09	1.03	4.37	2.54	4.57	2.63	3.47	5.81	4.15	5.71
MnO	0.02	0.05	0.08	0.11	0.03	0.08	0.15	0.14	0.03	0.07	0.10	0.08	0.03	0.06	0.11	0.07	0.09
MgO	0.39	0.62	1.15	2.54	0.72	1.76	1.89	2.51	0.12	0.77	0.39	1.47	0.17	0.71	1.87	1.43	1.39
CaO	2.62	2.76	3.35	5.54	2.34	3.43	4.36	5.80	0.85	2.76	2.28	2.74	1.72	3.28	4.29	1.26	4.57
Na ₂ O	3.55	3.92	3.82	3.35	2.74	3.32	3.82	3.50	3.19	4.22	2.90	3.42	3.59	3.97	2.83	2.48	3.52
K ₂ O	3.35	2.43	2.06	1.70	4.20	2.92	1.84	1.74	5.09	2.23	3.51	2.00	4.21	2.01	1.80	3.80	1.22
P ₂ O ₅	0.10	0.12	0.35	0.16	0.08	0.14	0.22	0.23	0.10	0.15	0.08	0.13	0.06	0.12	0.15	0.13	0.18
Total	98.14	98.43	98.24	97.92	98.95	100.23	98.40	98.50	97.04	98.93	96.86	97.95	99.63	98.60	100.27	99.76	99.11
Recalculated to 100wt% on an anhydrous basis																	
SiO ₂ (wt%)	72.15	70.94	65.81	62.51	72.66	66.66	62.76	59.34	75.27	68.84	73.23	67.89	72.52	69.77	67.66	71.08	65.33
TiO ₂	0.27	0.41	0.66	0.76	0.32	0.54	0.89	1.01	0.09	0.52	0.25	0.67	0.26	0.40	0.66	0.51	0.71
Al ₂ O ₃	15.33	15.37	17.38	17.14	14.75	16.85	17.31	17.95	14.01	16.30	14.57	17.14	15.00	16.32	15.36	15.42	17.62
FeO*	2.00	3.19	5.08	5.82	2.03	4.28	6.47	7.45	0.96	4.00	2.37	4.22	2.38	3.18	5.24	3.76	5.21
MnO	0.02	0.05	0.08	0.12	0.03	0.08	0.16	0.14	0.03	0.07	0.10	0.08	0.03	0.06	0.11	0.08	0.10
MgO	0.40	0.63	1.18	2.61	0.73	1.77	1.93	2.57	0.12	0.78	0.40	1.50	0.17	0.72	1.88	1.44	1.41
CaO	2.67	2.82	3.43	5.69	2.37	3.44	4.46	5.94	0.87	2.80	2.36	2.81	1.73	3.34	4.30	1.27	4.64
Na ₂ O	3.63	3.99	3.91	3.44	2.78	3.32	3.91	3.58	3.29	4.29	3.00	3.50	3.61	4.04	2.84	2.50	3.57
K ₂ O	3.42	2.47	2.10	1.75	4.26	2.93	1.89	1.78	5.26	2.26	3.63	2.05	4.24	2.04	1.80	3.82	1.24
P ₂ O ₅	0.11	0.12	0.35	0.17	0.09	0.14	0.23	0.23	0.10	0.15	0.08	0.14	0.06	0.12	0.15	0.13	0.18
Total	98.21	98.68	98.21	98.68	98.68	98.68	98.68	98.68	98.68	98.68	98.68	98.68	98.68	98.68	98.68	98.68	98.68

Sample No. Locality	K-01 Kaminura	W-01 Wada
SiO ₂ (wt%)	62.29	71.11
TiO ₂	0.69	0.21
Al ₂ O ₃	17.25	15.72
Fe ₂ O ₃	5.38	1.94
MnO	0.10	0.03
MgO	2.16	0.80
CaO	5.08	3.72
Na ₂ O	3.86	4.40
K ₂ O	1.21	0.68
P ₂ O ₅	0.18	0.07
Total	98.21	98.68
Recalculated to 100wt% on an anhydrous basis		
SiO ₂ (wt%)	63.77	72.21
TiO ₂	0.71	0.21
Al ₂ O ₃	17.66	15.97
FeO*	4.96	1.77
MnO	0.10	0.03
MgO	2.21	0.82
CaO	5.20	3.77
Na ₂ O	3.95	4.47
K ₂ O	1.24	0.69
P ₂ O ₅	0.19	0.07

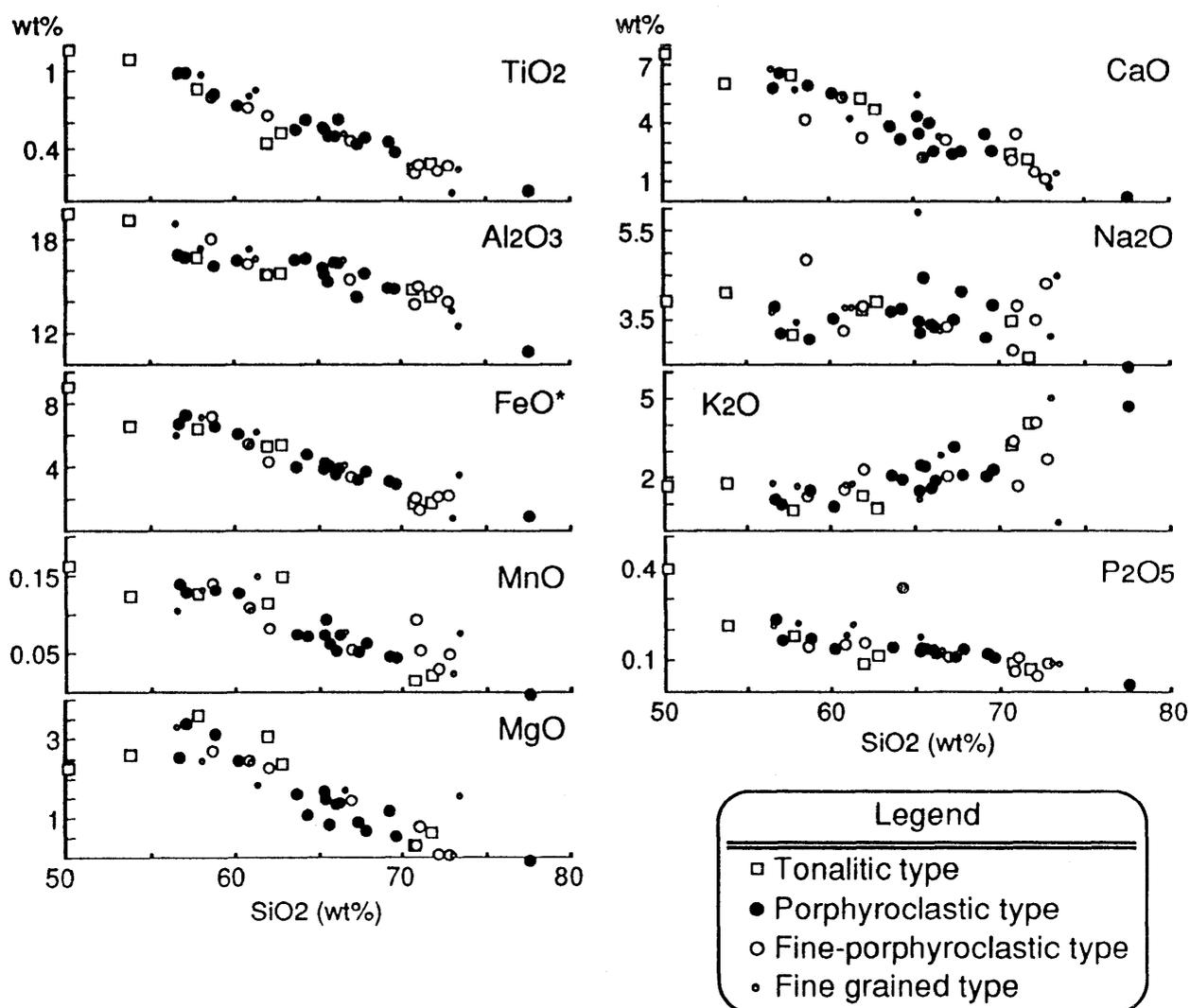


図 5 高遠～市野瀬地域のトータル岩タイプとマイロナイトのSiO₂-酸化物図。
Fig. 5 SiO₂-oxides diagrams for the tonalitic type and mylonites from the vicinity of Takato-Ichinose.

岩に含まれる鉱物のうちで斜長石はボールミルによる粉末化の際に細粒化しにくく、しかも重合度の高いテクト珪酸塩鉱物に属しているために融解しにくい。そのため、もし融解が完全でない場合には、XRFによる化学分析に支障をきたすことになる。本研究で使用した岩石は非常に珪長質なものを含むが、上記のような問題が生じる可能性を事前に予測することは困難であった。結果として、本研究では以下のような手順で分析を行った。まず、望月(1997)に従って、最高温度560℃で試料を溶解しガラスビードを作成した(望月, 1997のプログラム8)。ほとんどの試料はこの条件で正常に分析できたが、試料の一部に分析値の合計が100wt%から大きくはずれるもの(120~200wt%)があった。その原因として溶け残りの可能性が考えられたので、それらの試料については剥離剤を加え、さらなるつばに合金製(Pt 95%, Au 5%)のふたをして、より高温の条件(最高温度600℃)で試料を溶解してガ

ラスビードを作成した(望月, 1997のプログラム10)。その結果、すべての試料について満足できる分析値を得た。

結 果

測定結果を表1に示す。また、マイロナイトの見かけ上の岩相タイプ区分ごとに、各元素の含有率をSiO₂含有率に対してプロットしたものを図5と図6に示す。

高遠～市野瀬地域については、SiO₂は51~74wt.%の広い組成範囲を示した(図5)。TiO₂、Al₂O₃、FeO*、MnO、MgO、CaO、およびP₂O₅は、SiO₂の増加と共に減少する負の相関を示した。一方、K₂Oは、SiO₂含有率に対して正の相関を示した。Na₂Oは、SiO₂の変化に関係なく、2.8~4.2wt.%の間の値であった。しかし、SiO₂が70wt.%を越えると、TiO₂、FeO*、MnO、MgO、K₂O および P₂O₅に関してかなりのばらつきが認められ

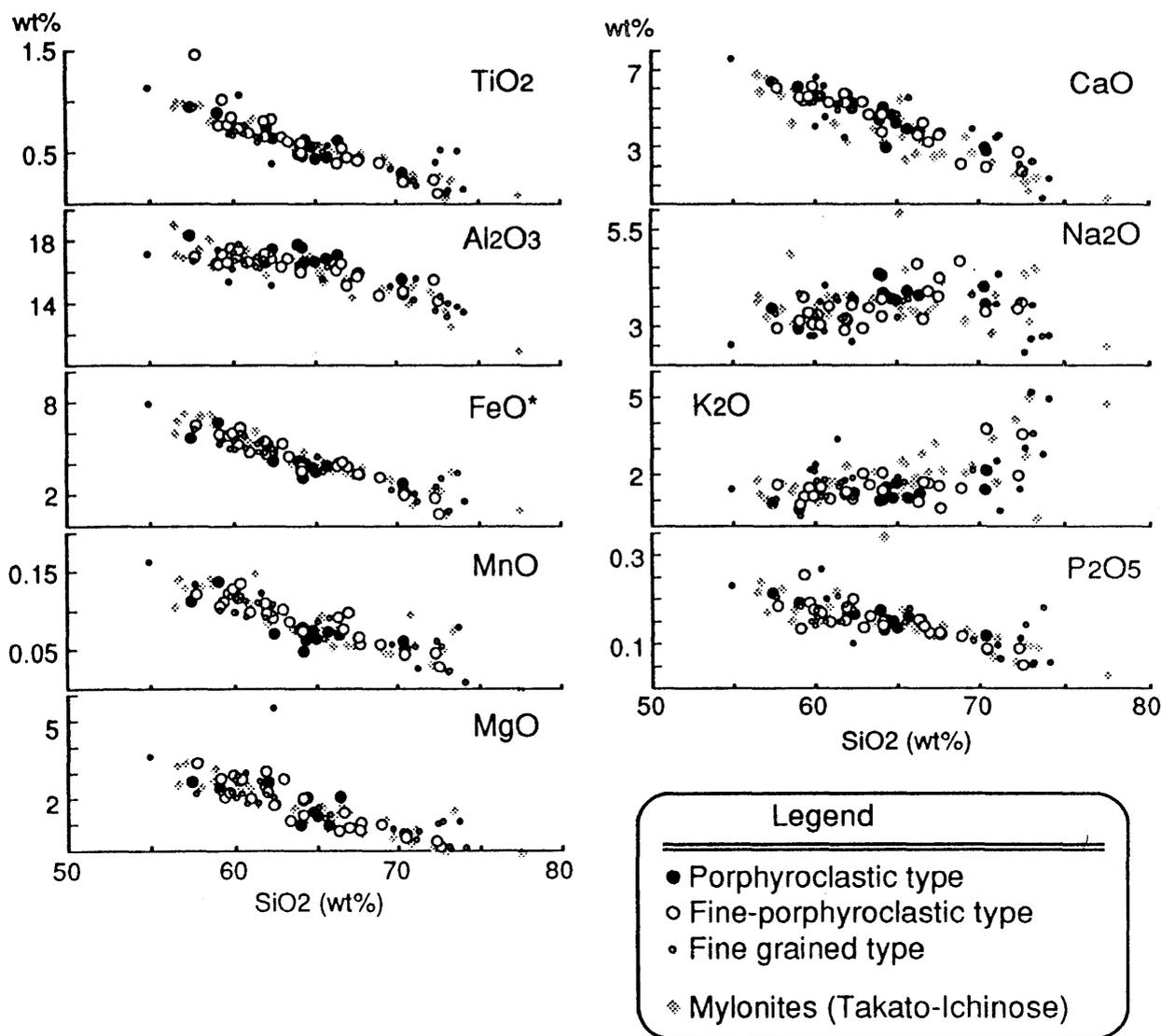


図 6 鹿塩南部地域のマイロナイトのSiO₂-酸化物図
 Fig. 6 SiO₂-oxides diagrams for the mylonites from the vicinity of Kashio.

た。この傾向は、特にK₂Oで顕著である。岩相ごとに見ると、未変形または弱変形の非持トータル岩であるトータル岩タイプのSiO₂は、51~72wt.%の広い組成範囲を示した。これは、非持トータル岩の不均質な岩相(例えば牧本ほか, 1996)を反映している。またマイロナイトの化学組成は、トータル岩タイプのものとはほぼ重なり、同様のトレンドを示した(図5)。マイロナイト内では岩相による化学組成の顕著な違いは見られなかった。これらの結果から、本研究のデータは、非持トータル岩がこの地域のマイロナイトの原岩であるという考え(例えば、HAYAMA, 1959; 高木, 1984)に矛盾はしない。

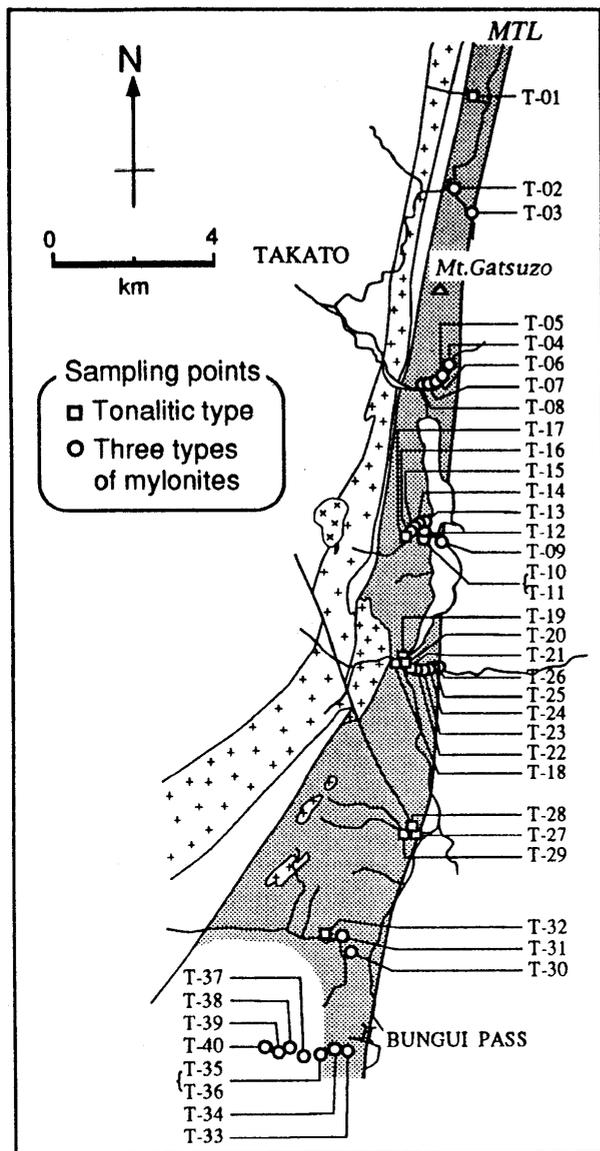
鹿塩南部地域のマイロナイトも高遠~市野瀬地域同様、SiO₂含有量は54~74wt.%の広い組成範囲を示した(図6)。また、SiO₂に対する各元素の変化の傾向も同様のものであり、マイロナイトの見かけ上の岩相タイプによる違いも認められなかった。SiO₂ > 70wt.%におけるTiO₂, FeO*, MnO, MgO, K₂OおよびP₂O₅含有率のばらつきは、高遠~市野瀬地域と同様であり、そ

の傾向は、ここでも特にK₂Oにおいて顕著であった。

まとめ

本研究では、高遠~市野瀬地域と鹿塩南部地域の中央構造線沿いに露出するマイロナイトおよびその原岩であると考えられる非持トータル岩の全岩主成分元素組成を分析した。その結果、(1)未変形および弱変形の非持トータル岩であるトータル岩タイプのSiO₂含有率は、50~73wt.%の広い組成範囲を示した。(2)SiO₂-酸化物図では、高遠~市野瀬、鹿塩南部両地域のマイロナイトは同じトレンドを示し、それは、トータル岩タイプのトレンドとはほぼ同じであった。

謝辞: XRFの使用については、静岡大学の海野進助教授と望月敦人氏に多くの便宜をはかっていただいた。また、同大学の増田俊明教授と石川剛志講師には有意義な意見をいただいた。本研究の一部には、文部省科学研究費補助金を用いた。ここに記して、上記の方々



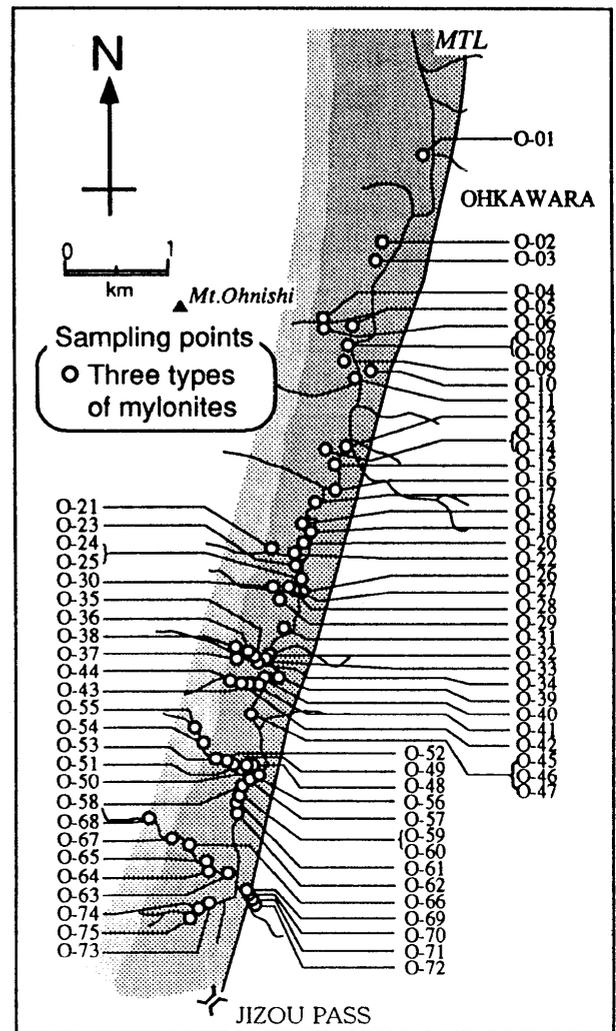
付図1 高遠～市野瀬地域の試料採取地点と分析試料番号との対応。

Figure A1. Locations and sample numbers in the vicinity of Takato-Ichinosé.

および関係機関に感謝いたします。

引用文献

原 郁夫・山田哲雄・横山俊治・有田正志・平賀祐三 (1977), 領家南縁剪断帯の研究—中央構造線発生時の運動像—, 地球科学, 31, 204-217.
 HARA, I., SHYOJI, K., SAKURAI, Y., YOKOYAMA, S. & HIDE, K. (1980), Origin of the Median Tectonic Line and its initial shape. *Memoir of Geological Society of Japan*, 18, 27-49.
 HARADA, T. (1890), *Die japanischen Inseln, eine topographische-geologische Übersicht*. Verlag von Paul Parey, 126p.
 HAYAMA, Y. (1959), The Ryoke granitic rocks in Komagane district, Nagano Pref., *Japan. Journal of Agricultural Science*, Tokyo Nogyo



付図2 鹿塩南部地域の試料採取地点と分析試料番号との対応。Figure A2 Locations and sample numbers in the vicinity of Kashio.

Daigaku, 5, 1-35.

HAYAMA, Y. (1960), Geology of the Ryoke metamorphic belt in Komagane district, Nagano Pref., Japan. *Journal of Geological Society of Japan*, 66, 87-101.
 蟹澤聡史 (1961), 長野県高遠地方の領家深成岩類. 岩鉱, 46, 111-118.
 牧本 博・高木秀雄・宮地良典・中野 俊・吉岡俊和 (1996), 高遠地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の1 図幅), 地質調査所.
 MASUDA, T., MICHIBAYASHI, K. & OHTA, H. (1995), Shape preferred orientation of rigid particles in a viscous matrix: re-evaluation to determine kinematic parameters of ductile deformation. *Journal of Structural Geology*, 17, 115-129.
 増田俊明・山本啓司・道林克禎・伴 雅子 (1990), 静岡県北西部水窪地域での中央構造線の位置の再検討. 静岡大学地球科学研究報告, 16, 49-66.
 望月敦人 (1997), 蛍光X線による全岩化学組成の分析—その1. 主要元素—. 静岡大学地球科学研究報告, 24, 43-58.

- MICHIBAYASHI, K. (1993), Syntectonic development of a strain independent steady state grain size during mylonitization. *Tectonophysics*, **222**, 151-164.
- MICHIBAYASHI, K. (1996a), The role of intragranular fracturing on grain size reduction in feldspar during mylonitization. *Journal of Structural Geology*, **18**, 17-25.
- MICHIBAYASHI, K. (1996b), Intergranular tensile microfractures within a mylonitized Ryoke granite: evidence for post-mylonitic deformation at the ductile-to-brittle transition. *Journal of the Geological Society of Japan*, **102**, 190-198.
- MICHIBAYASHI, K. and MASUDA, T. (1993), Shearing during progressive retrogression in granitoids: an abrupt grain size reduction of quartz at the plastic-brittle transition for feldspar. *Journal of Structural Geology*, **15**, 1421-1432.
- O'HARA, K. (1988), Fluid flow and volume loss during mylonitization - an origin for phyllonite in an overthrust setting, North Carolina, U. S. A. *Tectonophysics*, **156**, 21-36.
- O'HARA, K. (1990), State of strain in mylonites from the western Blue Ridge province, southern Appalachians: the role of volume loss. *Journal of Structural Geology*, **12**, 419-430.
- 小野 晃 (1969), 長野県高遠一塩尻地方に分布する領家変成帯の地質. 地質学雑誌, **75**, 491-498.
- ONO, A. (1974), Gatsuzoyama gneisses along the Median Tectonic Line, Takato area, central Japan. *Journal of Japan Association of Mineralogy, Petrology and Economic Geology*, **69**, 137-146.
- 小野 晃 (1981), 領家変成帯, 高遠一塩尻地方の地質. 地質学雑誌, **87**, 249-257.
- 小野 晃 (1984), 長野県鹿塩-市野瀬地方に分布する泥質岩源ポーフィロイド様岩の成因. 地質学雑誌, **90**, 889-898.
- 杉山隆二 (1939), 所謂中央線 (So-Called Median Line) に沿える地帯に分布せる諸岩石類の研究 (第1報). (1) 所謂鹿塩片麻岩 (So-Called Kashio-Gneiss) を主題とする野外調査に依って得たる諸考察, 並びに之と関連して所謂中央線 (So-Called Median Line) に就いての再検討. 地質雑, **46**, 169-187.
- 高木秀雄 (1984), 長野県高遠-市野瀬地域における中央構造線沿いの圧砕岩類. 地質学雑誌, **90**, 81-100.
- TAKAGI, H. (1986), Implications of mylonitic microstructures for the geotectonic evolution of the Median Tectonic Line, central Japan. *Journal of Structural Geology*, **8**, 3-14.
- 田中秀美・高木秀雄・井上 良, (1996), 中部地方中央構造線に伴う断層破碎岩類の変形・変質様式と断層活動史. 構造地質 (構造地質研究会会誌), **41**, 31-44.