

オマーンオフィオライトモホ遷移帯に発達した延性 剪断帯におけるマフィック岩の全岩化学組成分析

メタデータ	言語: ja 出版者: 静岡大学地球科学教室 公開日: 2013-08-28 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 古畑, 圭介, 道林, 克禎, 山下, 浩之 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00007428

オマーンオフィオライトモホ遷移帯に発達した 延性剪断帯におけるマフィック岩の全岩化学組成分析

古畑圭介¹・道林克禎¹・山下浩之²

Whole-rock chemical composition analysis of the mafic rocks in a ductile shear zone developed in the Moho Transition Zone, the Oman ophiolite

Keisuke FURUHATA¹, Katsuyoshi MICHIBAYASHI¹
and Hiroyuki YAMASHITA²

Abstract The whole-rock chemistries of the mafic rocks in the Moho Transition Zone, Fizh Massif, the Oman ophiolite have been analyzed by X-ray fluorescence spectrometry. The mafic rocks were classified into three texture types based on their microstructures: weakly deformed gabbro, moderately deformed gabbro and ultramylonites. There is no systematic variation of the whole-rock chemistries among the three texture types. The ultramylonites show various chemistries, although they consist mostly of very fine-grained matrix with minor relatively coarser porphyroclasts. It may suggest the effect of fluid-rock interaction during ductile shearing in the Moho Transition Zone or variation of the mafic rock chemical compositions.

Keywords: gabbro, mafic rock, shear zone, whole-rock chemical composition, Oman

はじめに

延性剪断帯では、一般的に変形時に流体と反応して物質移動が起きることが知られている(例えば, O'Hara, 1990; Hippert & Hongn, 1998). マイロナイトのような変形岩では、全岩化学組成について源岩と比較することによっておおその物質移動を調べることが可能である(例えば, O'Hara, 1990; Hippert & Hongn, 1998). 小論では、海洋地殻最下部に発達した延性剪断帯のマフィック岩について全岩化学組成分析の結果を示し、物質移動について予察的に議論した。

地質概説と研究試料

研究試料は、オマーンオフィオライトモホ遷移帯マフィック岩に発達した延性剪断帯の試料である(Fig. 1). オマーンオフィオライトは、延長約500 km, 幅約80 kmにわたって露出する世界最大のオフィオライトであり、高速拡大軸で形成された海洋リソスフェアがアラビア半島に衝突し、乗り上げたものと解釈されている(Nicolas, 1989).

研究地域はFizh岩体Wadi Zabin沿いのモホ遷移帯である(Fig. 1a). モホ遷移帯はマントルを構成するかんらん岩と下部地殻を構成するはんれい岩の間に数10m~数

¹ 静岡大学大学院理学研究科地球科学教室, 〒422-8529 静岡市駿河区大谷836

¹ Institute of Geosciences, Shizuoka University, 836 Oya, Suruga-ku, Shizuoka, 422-8529 Japan

² 神奈川県立生命の星・地球博物館, 〒250-0031 神奈川県小田原市入生田499

² Kanagawa Prefectural Museum of Natural History, Odawara, Kanagawa, 250-0031 Japan

E-mail: sekmich@ipc.shizuoka.ac.jp (K. M.)

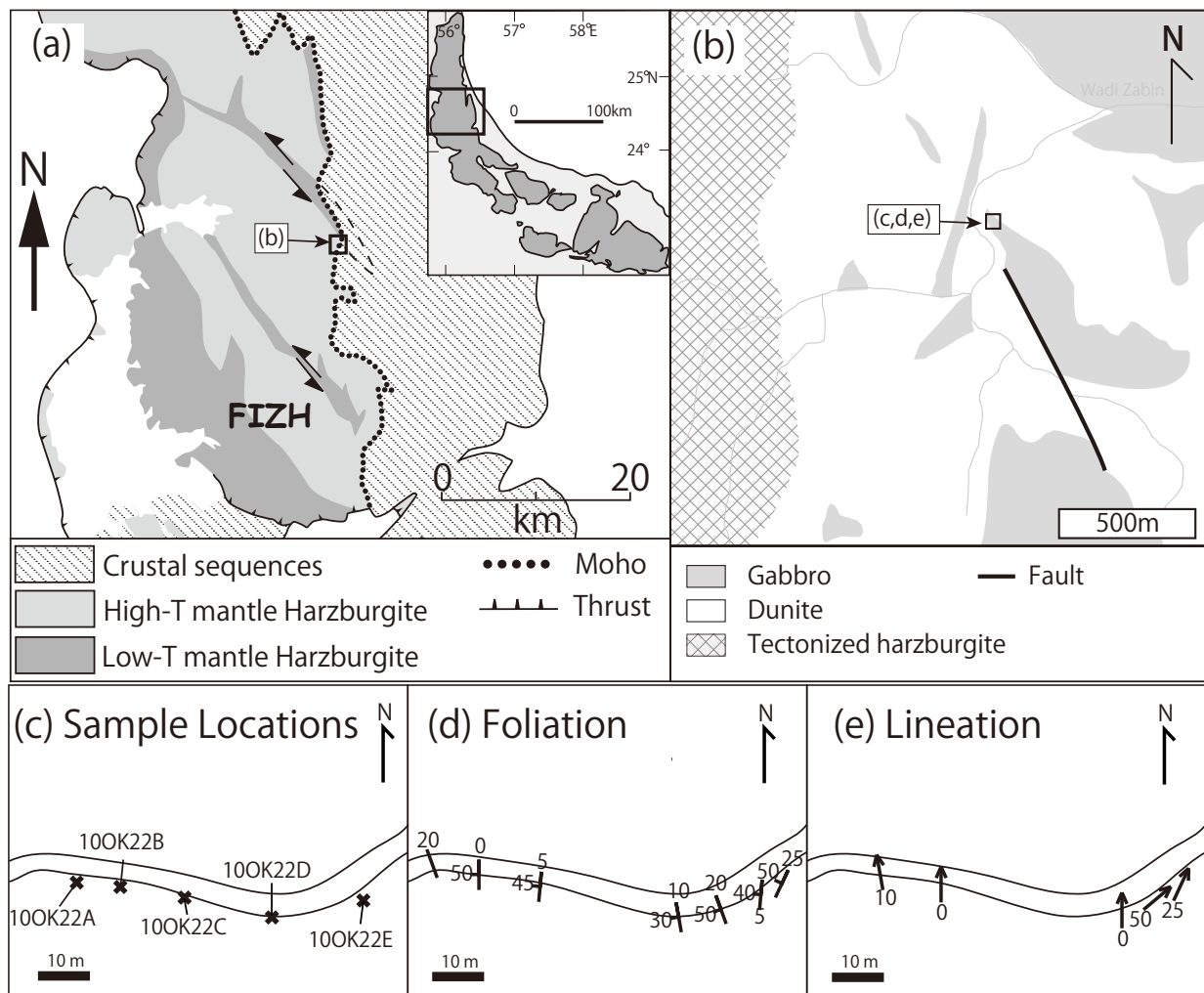


Fig. 1 (a) Geological map of FIZH massif, Oman ophiolite. A small panel in the top-right is an index map of the Oman ophiolite. (b) Geological map of the Moho Transition Zone in the vicinity of Wadi Zabin. The location of c-e is shown as a small box. (c) Sample locations within the ductile shear zone along a road. (d) Foliation map. (e) Lineation map.

100 mの厚さをもって存在する遷移帯であり、主にダナイトとレンズ状のはんれい岩類で構成される（例えば Boudier & Nicolas, 1995）。Wadi Zabinには北西—南東走向の大規模な延性剪断帯がマントルセクションから連続しており、本研究の延性剪断帯はその一部である（例えば, Nicolas *et al.*, 2000）。

マフィック岩に発達した延性剪断帯はWadi Zabin沿いの道路に沿って露出する（Fig. 1b）。この延性剪断帯にマイロナイトは観察されないが、面構造・線構造がより強く発達したウルトラマイロナイト帯が約20m分布していた（Fig. 1c-e）。面構造の走向はほぼ南北で西に約45°で傾斜している（Fig. 1d）。線構造のトレンドは延性剪断帯の西側ではほぼ南北であるが、東側では北東トレンドである（Fig. 1e）。また延性剪断帯の東端は断層によって切られており、実際にはさらに幅広いと予想される。今回の野外調査では、延性剪断帯の走向に直交するように約10 m間隔で試料を5試料採取した（Fig. 1c:100K22A-

100K22E）。さらに、変形の弱いはんれい岩を2個、比較のために採取した（100K20, 100K21）。

薄片観察

全ての試料について、面構造に垂直かつ線構造に平行なXZ面で岩石薄片を作成した。微細構造をFig. 2に示す。延性剪断帯の西端で採取した100K22Aははんれい岩の等粒状組織を残しているが部分的に変形していたため、中変形岩と分類した。粗粒な鉱物には、単斜輝石、斜長石、少量の角閃石が見られた。また、波動消光や重粒子部分的に観察された。

延性剪断帯内部で採取したその他の4試料（100K22B, 100K22C, 100K22D, 100K22E）はウルトラマイロナイトであった。ポーフロクラストの多くは単斜輝石で、稀に角閃石や斜長石のポーフロクラストも見られた。ウルトラマイロナイトの数少ないポーフロクラストに

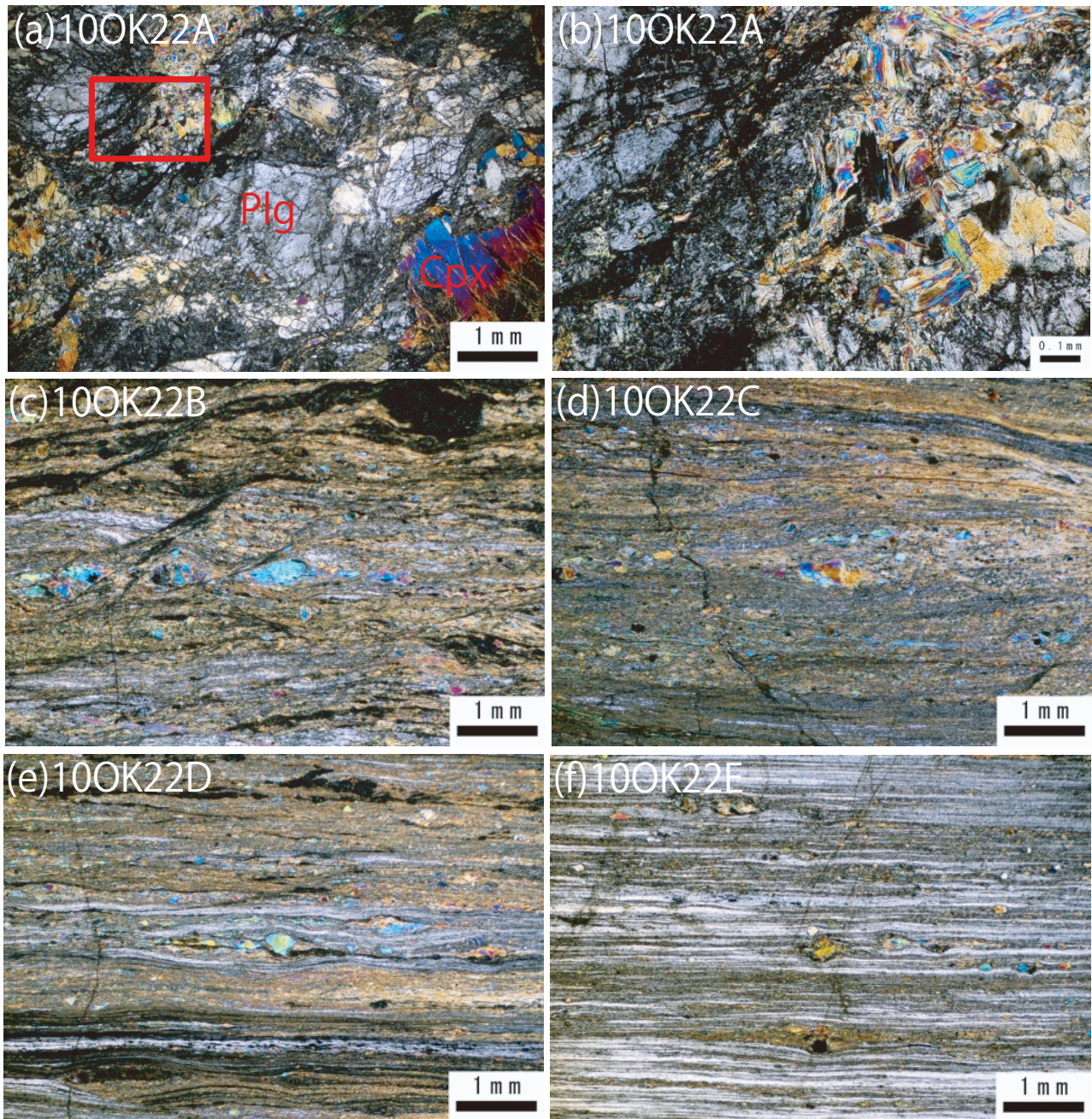


Fig. 2 Photomicrographs of mafic rocks. (a) Moderately deformed mafic rocks. Plg: plagioclase, Cpx: clinopyroxene. A red square is the area shown in the next panel. (b) A close up view of the red square shown in (a). (c–f) Ultramylonites. Porphyroclasts consist of clinopyroxene grains. Whitish to grayish color in the matrix consists mostly of plagioclase grains, whereas brownish color in the matrix consists mostly of amphibole grains.

においても波動消光が見られ、多くが伸張していた。一方、基質は斜長石と角閃石で構成されており、弱・中変形岩よりも角閃石が多く存在していた。しかし、試料によって斜長石と角閃石のモード比が異なる。特に10OK22Eでは斜長石のモード組成が角閃石よりも圧倒的に高かった。

分析手順

全岩化学組成分析は、試料準備から分析まで神奈川県立生命の星・地球博物館で行った。分析試料の準備について、以下に簡単に作業手順を述べる。

すべての岩石試料について中型カッターなどを用いて厚さ5～10 mm程度の岩片にした。次に、岩片をタングステンカーバイトの乳鉢で数mm程度まで粗砕し、洗浄

Table 1 Whole rock chemistry of the gabbroic rocks in the Moho Transition Zone, Fizh Massif, Oman.

Sample no.:	Weakly deformed		Moderately deformed	Ultramylonite			
	100K20	100K21	100K22A	100K22B	100K22C	100K22D	100K22E
(wt%)							
SiO ₂	48.11	49.05	48.93	47.00	48.68	49.83	47.11
TiO ₂	0.14	0.18	0.17	0.74	0.22	0.43	0.05
Al ₂ O ₃	16.56	17.54	17.94	17.83	17.53	19.62	26.84
Fe ₂ O ₃	4.14	3.91	5.02	7.65	7.44	4.59	2.79
MnO	0.06	0.05	0.07	0.05	0.05	0.04	0.02
MgO	13.00	12.00	11.34	9.45	10.78	10.32	6.34
CaO	17.52	16.59	15.96	17.00	15.03	15.94	16.61
Na ₂ O	0.48	0.66	0.65	0.26	0.44	0.45	0.56
K ₂ O	n.d.	0.01	n.d.	n.d.	0.00	n.d.	0.00
P ₂ O ₅	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.03	0.01
L.O.I.	1.87	1.59	1.13	2.54	1.31	0.93	1.15
Total	100.01	99.99	100.10	100.00	100.18	101.25	100.33
(ppm)							
Ba	n.d.	n.d.	n.d.	12	n.d.	n.d.	n.d.
Cr	1470	1396	646	62	439	374	173
Cu	9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Nb	1.2	1.4	1.5	1.5	1.6	1.3	1.5
Ni	185	184	164	73	148	239	144
Pb	4.9	2.4	3.8	2.3	2.9	3.5	4.1
Rb	2.6	3.1	2.7	3.1	3.8	3.0	2.9
Sr	152	178	168	190	176	222	320
V	102	104	98	287	121	123	18
Y	7.0	7.6	7.2	9.9	6.4	9.2	4.7
Zn	4.5	8.5	9.8	2.0	2.6	3.0	0.1
Zr	13	15	13	18	17	21	26

後、完全に乾燥させた。その後、自動メノウ乳鉢で細かく微粉碎した。微粉碎した試料をマッフル炉で900℃で強熱し、揮発性成分を除去した。Merck製無水四ホウ酸リチウム (Li₂B₄O₇) と Merck 製リチウムメタボレイト (LiBO₂) を4:1の比率に混合したものを、白金ルツボの中で粉末試料と混ぜ (混合融剤と粉末試料の比は2:1)、自動高周波加熱機のビードサンプラーを用いて自動溶融させた。溶融後、自然冷却させてガラスビードを完成させた。このガラスビード試料を用いて、全岩化学組成分析を神奈川県立生命の星・地球博物館所有のXRF (SHIMADZU, LAB CENTER XRF-1500) を使用して行った。

結果

測定結果をTable 1に示す。また、SiO₂を横軸にして、主要元素をFig. 3に示し、微量元素をFig. 4に示した。ま

たFig. 3とFig. 4には、弱・中変形岩の組成範囲を灰色で示した。

すべての試料について、SiO₂は47～50 wt%の比較的狭い組成範囲を示した (Table 1, Fig. 3)。弱・中変形岩 (白抜きシンボル) とウルトラマイロナイト (黒塗りシンボル) の相関関係は全体としては見られない。CaOは弱・中変形岩の組成範囲にすべてのウルトラマイロナイトが含まれる。TiO₂とMgOについて、ウルトラマイロナイトの含有量は弱・中変形岩の組成範囲からはずれている。Al₂O₃とLOIは、ウルトラマイロナイト2試料が弱・中変形岩の組成範囲の外である。Fe₂O₃、MnO、Na₂Oは、ウルトラマイロナイト1試料だけが弱・中変形岩の組成範囲に含まれる。微量元素組成について、Pbだけが弱・中変形岩の組成範囲にウルトラマイロナイトがほぼ含まれる。しかし、Cr、Ni、V、Y、Zn、Zrについてはウルトラマイロナイトの含有量は弱・中変形岩の組成範囲と異なっている。

以上の結果から、分析した7試料は必ずしも均質な全岩化学組成を示さなかった。また、弱・中変形したはんれい岩とウルトラマイロナイトとの間の全岩化学組成に相関はみられず、さらにウルトラマイロナイト内でも全岩化学組成は不均質であった。これらの結果は、強い延性剪断変形を受けて形成したウルトラマイロナイトがその形成時に流体と反応して化学組成を変化させた可能性を示唆している。一般に流体反応によって動きにくい元素（例えばTiO₂など）は、体積減少の結果として見かけ上濃集する傾向がある（例えば、O'Hara, 1990）。そのため、弱・中変形岩の組成範囲よりも高い値をもつウルトラマイロナイトの元素は、延性剪断帯全体として体積減少したことを表すかもしれない。しかし、はんれい岩の源岩化学組成の影響もあったことは否定できない。より詳細に検討していくために測定試料を増やしていくこと、鉱物化学組成などの他の分析による検討が期待される。

まとめ

本研究では、オマーンオフィオライトフィズ岩体モホ遷移帯に発達した延性剪断帯の著しく変形したマフィック岩の全岩化学組成を分析した。その結果、弱・中変形岩とウルトラマイロナイトの間に明らかな組成差が認められた。さらに、極細粒化したウルトラマイロナイト4試料間も不均質であった。これらの特徴は、マフィック岩の源岩の化学組成の差と変形時の流体—岩石反応の影響の両方またはどちらかが関係していると考えられる。

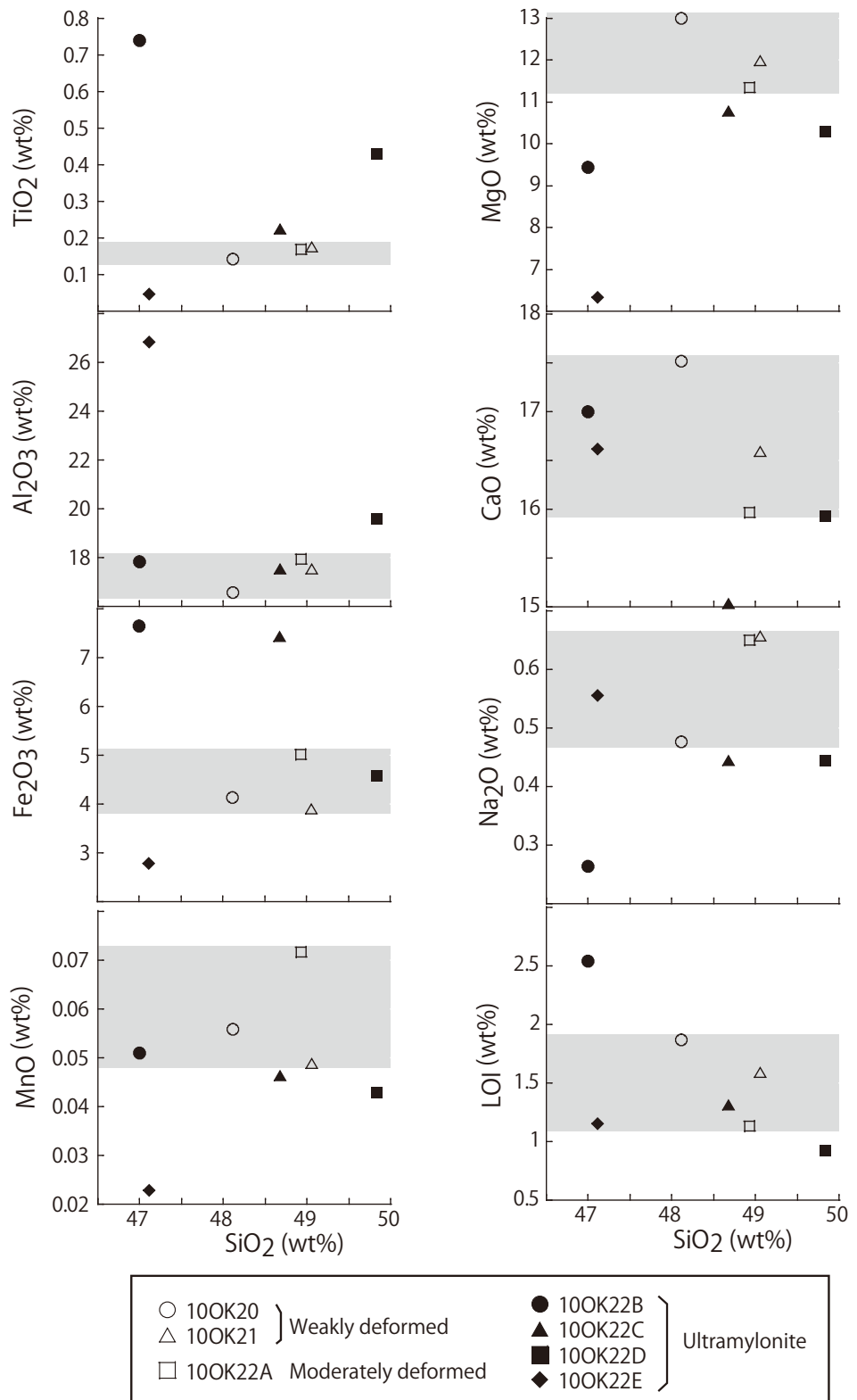


Fig. 3 SiO₂-oxides diagrams for the gabbroic rocks in the Moho Transition Zone, Fizz Massif, Oman.

謝辞

本研究は平成24年度に実施された卒業研究の一部をまとめたものである。静岡大学地球科学教室の和田秀樹教

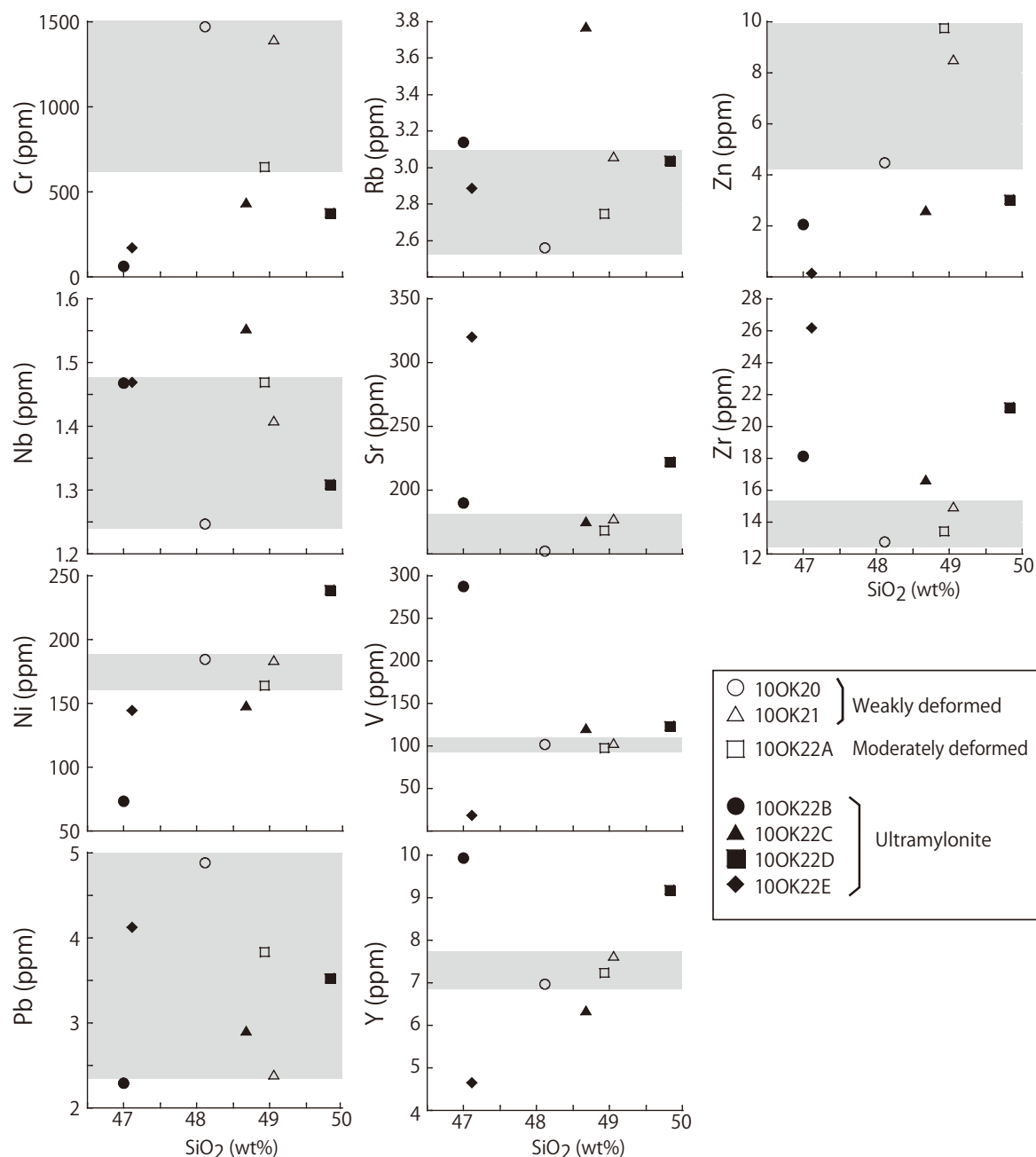


Fig. 4 SiO₂-minor elements diagrams for the gabbroic rocks in the Moho Transition Zone, Fizz Massif, Oman.

授と石橋秀巳講師には原稿を読んで助言をいただいた。神奈川県立生命の星・地球博物館のボランティアの方々には試料準備でご指導していただいた。道林研究室の学生諸氏（木野雅史氏，梅垣俊哉氏，近藤洋裕氏，尾上彩佳氏，柴田有毅氏，小出聡子氏，照峰直伸氏，富田大貴氏，西村拓真氏，吉田佳明氏）には研究を進めるにあたり，大変お世話になりました。以上の方々にこの場を借りて深く感謝の意を表します。

引用文献

- Boudier F., Ceuleneer G. & Nicolas A. (1988), Shear zones, thrusts and related magmatism in the Oman ophiolite: initiation of thrusting on an oceanic ridge. *Tectonophysics*, **151**, 275–296.
- Boudier F., & Nicolas A. (1995), Nature of the Moho transition zone in the Oman ophiolite. *Journal of Petrology*, **36**, 777–796.
- Hippert J. F. & Hongn F. D. (1998), Deformation mechanisms in the mylonite/ultramylonite transition. *Journal of*

- Structural Geology*, **20**, 1435–1448.
- Nicolas A. (1989), Structures of ophiolites and dynamics of oceanic lithosphere. Kluwer Academic Pub., Netherland, 367pp.
- Nicolas A., Boudier F., Ildefonse B. & Ball E. (2000), Accretion of Oman and United Arab Emirates ophiolite - discussion of a new structural map. *Marine Geophysical Researches*, **21**, 147–179.
- 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.