

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 24 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25400506

研究課題名(和文) 低温熱水から生成するアモルファス・結晶中間体の構造と挙動

研究課題名(英文) Texture and growth process of low-crystallinity minerals from low-temperature solution

研究代表者

長瀬 敏郎 (Nagase, Toshiro)

東北大学・学術資源研究公開センター・准教授

研究者番号：10237521

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、天然におけるアモルファス・結晶中間体の産状を観察し、結晶学的な構造の解析を通して、アモルファス・結晶中間体鉱物が生成する原因を解明することが目的である。野外調査で採取された試料について透過型電子顕微鏡ならびに走査型電子顕微鏡などを用いて結晶内部の構造や組織の観察を行った。この結果、低温の熱水から形成されるアモルファス・結晶中間体鉱物では、成長初期の核形成時期に形成されていることを明らかにした。結晶成長時の核形成理論に基づいて、アモルファス・結晶中間体の構造が、結晶の不均質核形成時に有利に働くことを解明し、アモルファス・結晶中間体の形成過程を実験ならびに理論的に解明した。

研究成果の概要(英文)：We researched about precipitation processes of low-crystallinity minerals, which have crystal structure with numerous defects, from low temperature solution on the basis of observations for their textures and occurrence. The low-crystallinity mineral, which precipitates under metastable condition or out of stable region, are major in mineral species on the earth, and contribute to the diversity of minerals. It is considered that origins of the metastable phase were effects of impurity and interface energy. We will propose a new model for nucleation process of low-crystallinity minerals.

研究分野：鉱物学

キーワード：アモルファス・結晶中間体 透過型電子顕微鏡 走査型電子顕微鏡 結晶成長 核形成 鉱物組織 準安定相

1. 研究開始当初の背景

われわれが住む地球表層環境に存在する鉱物を調べると、その中には“低結晶質”とよばれる鉱物がしばしば出現する。このような低結晶質な鉱物は光学顕微鏡等で確認できないことから結晶粒が小さいのが特徴と思われがちである。しかし、結晶粒が小さいだけでなく、その結晶構造にも特徴があり、それは完全なる結晶ではない。このような低結晶質な鉱物の多くは三次元的な結晶構造の周期性が大きく乱れている。しかし、アモルファスのように全く周期性をもたないのではなく、アモルファスと結晶の間のような構造をもつ。このような鉱物をここでは“アモルファス・結晶中間体”とよぶ。

アモルファス・結晶中間体の鉱物は、マグマや変成岩といった温度のより高い環境では出現しにくく、私たちが住む環境すなわち常温常圧の条件に近くなるほど多く出現する。アモルファス・結晶中間体が地球表層環境でどのような安定性をもち、環境変化にともないどのような挙動をするのか、そして水や有機物などどのような相互作用をするのかを理解することは、地球表層環境の鉱物の挙動を知る上で重要な研究課題の一つである。

2. 研究の目的

私達はこれまで透過型電子顕微鏡を用いて鉱物の微細組織の研究を行ってきた。この過程で、結晶とアモルファスの中間のような結晶学的な特徴をもつ鉱物が、低温熱水の生成物にしばしば含まれていることを見いだした。このような鉱物を“アモルファス・結晶中間体”と名づけ、この研究ではアモルファス・結晶中間体の産状の観察し、結晶学的ならびに化学的に構造を解析して、このような鉱物が生成する原因を解明する。そしてアモルファス・結晶中間体の生成条件を明らかにすることで、それを生成した溶液(熱水)の温度変化や過飽和度などの鉱物形成のキネティックな情報を得ることが本研究の目的である

3. 研究の方法

これまでに培ってきた野外調査、合成実験、結晶学的ならびに化学的解析を用いることで本研究の目的を達成する。野外調査によって研究対象とする鉱物試料を採取し、透過型電子顕微鏡法やX線粉末回折法、電子線プローブマイクロアナライザーなどを用いて結晶構造ならびに組織、化学的な特徴を明らかにする。また、さらに詳細な情報を得るためにSTEMやSORなどの最新鋭の解析手段を用いる。そして、野外調査ならびに試料観察から得られた知見にそって合成実験を行い、天然のアモルファス・結晶中間体の形成を再現する。このような解析ならびに実験を通してアモルファス・結晶中間体の生成過程を解明する。

4. 研究成果

今回の研究を通して、天然におけるアモルファス・結晶中間体についての様々な知見を新たに得ることができた。その主な研究成果について、次に列記する。

(1) 低温熱水から生成するアモルファス・結晶中間体とその生成過程

秋田県北鹿地域、和歌山県串本地域、東京都小笠原、青森県津軽地域、青森県奥戸鉱山、秋田県雄勝、鹿児島人吉などなどの野外調査を行い、研究対象であるアモルファス・結晶中間体鉱物を含む試料を採取し、その産状を観察した。これによりアモルファス・結晶中間体の生成環境についての情報を得ることができた。

野外調査において採取された試料について透過型電子顕微鏡ならびに走査型電子顕微鏡などを用いて内部構造や化学組成分析、内部組織の観察を行った。この結果、低温の熱水下から形成されるアモルファス・結晶中間体鉱物では、成長初期の核形成時期に形成されていることを明らかにした。結晶成長時の核形成理論に基づく解析により、アモルファス・結晶中間体の構造が、結晶の不均質核形成時に有利に働くことを解明した。そして、アモルファス・結晶中間体の形成過程を実験ならびに理論的に解明した。これらの研究成果は鉱物学会年会ならびに資源地質学会年会にて発表した。

また、天然での観察結果ならびに理論な解析結果を踏まえて、シリカ鉱物の合成実験をおこない、成長ごく初期段階にアモルファス・結晶中間体が形成されていることを確認した。そして、低温熱水の晶出鉱物はアモルファス・結晶中間体の安定性に大きく左右され、出現する相も決定されることを見出した。

(2) アモルファス物質から結晶への移行期に生成するアモルファス・結晶中間体

アモルファス物質から安定相への再結晶の過程にもアモルファス・結晶中間体が準安定相として出現することが確認された。アモルファス・結晶中間体は熱力学的には準安定な状態である。このような準安定な状態が持続する理由にはその結晶構造の安定性が深く関わっており、シリカ鉱物では構造中の“水”が、有機物からグラファイトへの相転移においては水素が深く関与していることを示唆する結果が得られた。その成果の一部はNature Geoscience誌に掲載された。

低温熱水から形成されるシリカ鉱物においてもアモルファス相(オパール)から石英への相転移の際にアモルファス・結晶中間体が中間生成物として認められる。その相転移過程を詳細に検討するため、シリカ鉱物でのアモルファス・結晶中間体の形成後の再結晶ならびに結晶化によりつくられる組織の違いについて解析した。研究成果は、鉱物学会で発表した。

(3) 高温の熱水下で生成するアモルファス・結晶中間体

研究当初、アモルファス・結晶中間体は低温の熱水活動と深く関係していると予想していたが、今回の研究において高温の熱水下においてもアモルファス・結晶中間体が形成されることを見出した。そして、その形成過程は、低温熱水下での形成過程とは大きく異なり、結晶成長時の成長過程に起因することを見出した。

これらの研究は海洋研究開発機構よりチムニー関係試料を借用することが可能となり、チムニー中のアモルファス・結晶中間体を観察した。試料は薄片を作製し偏光顕微鏡による組織観察をおこなった。ミクロからナノ領域の分析を行い、詳細に解析した。また、より詳細な組織情報を得るためにフィールドエミッション走査型電子顕微鏡を用いた観察を行った。観察により、閃亜鉛鉱からウルツ鉱への成長に伴う変化過程において、その移行部分にアモルファス・結晶中間体が存在することを明らかにした。この際のアモルファス・結晶中間体の形成は、成長環境の変化にともなう結晶表面の安定性と成長様式が深く関わっている。これらの研究成果については資源地質学会にて進捗状況を発表した。その成果の一部は Scientific Reports 誌に掲載された。

(4) 新たなるアモルファス・結晶中間体相の発見

本研究を通して、新たにいくつかのアモルファス・結晶中間体を天然で発見した。これらの鉱物の結晶構造は双晶欠陥ならびに面欠陥により、乱れた周期性をもつのが特徴であり、一方向に周期性をもたない2次元結晶に近い。これらの結晶の構造解析を行い、その構造を明らかにした。そして、その幾つかはこれまでに発見されていない新鉱物であることが判明した。このことは、アモルファス・結晶中間体が天然では普遍的に存在することを意味している。これらの成果は国際論文に掲載した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計19件)

Rapid growth of mineral deposits at artificial seafloor hydrothermal vents. [Scientific Reports, 6, (2016), 22163-] T.Nozaki, J.Ishibashi, K.Shimada, T.Nagase, Y.Takaya, Y.Kato, S.Kawagucci, T.Watsuji, T.Shibuya, R.Yamada, T.Saruhashi, M.Kyo & K.Takai, (査読有), DOI:10.1038/srep22163
An okenite-like mineral from Anijima

Island, Ogasawara Islands, Tokyo, Japan. [Bulletin of the National Museum of Nature and Science, Series C 41, (2015), 1-8], K.Momma, T.Sano, T.Nagase, R.Miyawaki and S.Matsubara, (査読有),

<http://www.kahaku.go.jp/research/publication/geology.html>

Growth history and textures of quartz twinned in accordance with the Japan law. [European Journal of Mineralogy, 27(1), (2015), 71-80] K.Momma, T.Nagase, T.Kuribayashi, Y.Kudoh. (査読有) DOI:10.1127/ejm/2014/0026-2411
Unique large diamonds in a ureilite from Almahata Sitta 2008 TC3 asteroid. [Geochimica et Cosmochimica Acta, 163(0), (2015), 14-28], M.Miyahara, E.Ohtani, A.E.Goresy, Y.Lin, L.Feng, J.C.Zhang, P.Gillet, T.Nagase, J.Muto, M.Nishijima. (査読有), DOI:10.1016/j.gca.2015.04.035

Synthesis of large and homogeneous single crystals of water-bearing minerals by slow cooling at deep-mantle pressures. [American Mineralogist, 100, (2015), 1483-1392] T.Okuchi, N.Purevjav, N.Tomioka, J-F.Lin, T.Kuribayashi, T.Schoneveld, H.Hwang, K.Dunkel, N.Sakamoto, N.Kawasaki and H.Yurimoto. (査読有) DOI:10.2138/am-2015-5237

Evidence for biogenic graphite in early Archaean Isua metasedimentary rocks. [Nature Geoscience, 7, (2014), 25-28] Y.Ohtomo, T.Kakegawa, A.Ishida, T.Nagase and M.T.Rosing. (査読有) DOI:10.1038/ngeo2025

Observation of pressure-induced phase transition of α -AlOOH by using single crystal synchrotron X-ray diffraction method. [Physics and Chemistry of Minerals, 41, (2014), 303-312] T.Kuribayashi, A.Sano-Furukawa and T.Nagase, (査読有) DOI:10.1007/s00269-013-0649-6

岩手県田野畑鉱山から発見された新鉱物・田野畑石. [岩石鉱物科学, 43(1), (2014), 37-39] 長瀬敏郎 (査読有) DOI:10.2465/gkk.131122

低対称化した鉱物結晶に観察される秩序-無秩序構造に関する研究 [金属材料研究所平成25年度研究部共同研究報告書, (2014) p158.] 栗林貴弘, 長瀬敏郎, 中村友梨江, 杉山和正 (査読無)

新規に合成された Al に富む高压含水相の結晶構造解析. 愛媛大学, GRC, PRIUS2014 年度研究成果報告書 (2014)] 栗林貴弘, 長瀬敏郎, 井上徹 (査

読無)

スコレス沸石の高温その場単結晶X線結晶構造解析 [東京工業大学 共同利用研究報告書 2013 - 2014, 18, (2014) 64-65] 栗林貴弘, 内田貴大, 長瀬敏郎 (査読無)

Jurassic plume-origin ophiolites in Japan: accreted fragments of oceanic plateaus. [Contributions to Mineralogy and Petrology, 168, (2014), 1-24] Y. Ichiyama, A. Ishiwatari, J. Kimura, R. Senda, T. Miyamoto. (査読有), DOI:10.1007/s00410-014-1019-1

Extraterrestrial jadeite in a shocked meteorite. [Earth and Planetary Science Letters, 373, (2013), 102-108] M. Miyahara, S. Ozawa, E. Ohtani, M. Kimura, T. Kubo, T. Sakai, T. Nagase, M. Nishijima. and N. Hirao. (査読有) DOI:10.1016/j.epsl.2013.04.023

Texture of lutecite. [Journal of Mineralogical and Petrological Sciences, 108(2), (2013), 87-93] T. Nagase, K. Momma, T. Kuribayashi and M. Tanaka. (査読有) DOI:10.2465/jmps.111017

Discovery of seifertite in a shocked lunar meteorite. [Nature Communications, 4, (2013), 1737] M. Miyahara, S. Kaneko, E. Ohtani, T. Sakai, T. Nagase, M. Kayama, H. Nishido and N. Hirao. (査読有) DOI:10.1038/ncomms2733

Jadeite formation in shocked ordinary chondrites. [Earth and Planetary Science Letters, 373(1), (2013), 102-108] M. Miyahara, S. Ozawa, E. Ohtani, M. Kimura, T. Kubo, T. Sakai, T. Nagase, M. Nishijima and N. Hirao. (査読有) DOI:10.1016/j.epsl.2013.04.023

Shimazakiite-4M and -40, Ca₂B₂O₅, two polytypes of a new mineral from Fuka, Okayama Prefecture, Japan. [Mineralogical Magazine, 77(1), (2013), 93-105] I. Kusachi, S. Kobayashi, Y. Takechi, Y. Nakamuta, T. Nagase, K. Yokoyama, K. Momma, R. Miyawaki, M. Shigeoka and S. Matsubara. (査読有) DOI:10.1180/minmag.2013.077.1.09

Crystal structures of swelling minerals [Photon Factory Activity Reports, 30, (2013), 246] T. Nagase, T. Kuribayashi, K. Momma and I. Kusachi. (査読無)

Single Crystal X-Ray Diffraction Experiments of a Silica Clathrate Mineral Chibaite [Photon Factory Activity Reports, 30, (2013), 244] K. Momma, R. Miyawaki, T. Kuribayashi

and T. Nagase. (査読無)

[学会発表](計39件)

- 1) AlとHを固溶したMgSiO₃ペロプスカイトの単結晶X線回折実験, 栗林貴弘, 井上徹, 藤野清志, 長瀬敏郎, 2015年3月17-18日, 物構研サイエンスフェスタ(茨城・つくば)
- 2) Al-bearing phase Dの単結晶放射光X線構造解析, 栗林貴弘, 井上徹, 長瀬敏郎, 日本鉱物科学会 2015年年会, 2015年9月25日~27日, 東京大学(東京)
- 3) 奈良県五代松鉾山産先細り水晶のカイネティックラフニングとトラピッチェ・クォーツの形成, 川崎雅之, 加藤睦実, 廣井美邦, 宮脇律郎, 鍵裕之, 今井裕之, 長瀬敏郎, 日本鉱物科学会 2015年年会, 2015年9月25日~27日, 東京大学
- 4) 低温熱水における準安定相の鉍物の形成過程, 長瀬敏郎, 門馬綱一, 栗林貴弘, 宮本毅, 日本鉱物科学会 2015年年会, 2015年9月25日~27日, 東京大学(東京)
- 5) 櫻井鉍の結晶化学的再検討, 門馬綱一, 宮脇律郎, 松原聡, 重岡昌子, 加藤昭, 清水正明, 長瀬敏郎, 日本鉱物科学会 2015年年会, 2015年9月25日~27日, 東京大学(東京)
- 6) カナダジェフリー鉍山産グロッシュラーガーネットの{211}分域における陽イオン秩序配列, 中村友梨江, 栗林貴弘, 長瀬敏郎, 日本鉱物科学会 2015年年会, 2015年9月25日~27日, 東京大学(東京)
- 7) カルシウム角閃石系列の結晶構造中での陽イオン席占有について, 小澤優, 栗林貴弘, 長瀬敏郎, 日本鉱物科学会 2015年年会, 2015年9月25日~27日, 東京大学(東京)
- 8) トラピッチパターンの形成過程, 川崎雅之, 長瀬敏郎, 日本鉱物科学会 2015年年会, 2015年9月25日~27日, 東京大学(東京)
- 9) 鹿児島県咲花平および隼人の大隕石と共生する董青石, 門馬綱一, 宮脇律郎, 松原聡, 徳本明子, 重岡昌子, 長瀬敏郎, 日本鉱物科学会 2015年年会, 2015年9月25日~27日, 東京大学(東京)
- 10) 黒鉍タイプを決定づける鉍石組織と鉍床の産状, 山田亮一, 長瀬敏郎, 資源地質学 2015年度年会学術講演会, 2015年6月24日~26日, 東京大学小柴ホール(東京)
- 11) 鹿児島県赤石鉍山鉍石の電子顕微鏡観察~珪化ステージと金ナノ粒子について, 長瀬敏郎, 山田亮一, 栗林貴弘, 五味篤, 資源地質学 2015年度年会学術講演会, 2015年6月24日~26日, 東京大学小柴ホール(東京)
- 12) PhaseD構造中へのAlの置換機構, 栗林貴弘, 井上徹, 長瀬敏郎, 第56回高圧討論会, 2015年11月10-12日, アステー

- ルプラザ (広島・広島)
- 13) 高圧含水鉱物の合成とそのキャラクターゼーション, 井上徹, 柿澤翔, CAI Nao, 藤野清志, 栗林貴弘, 長瀬敏郎, GREAUX Steeve, 肥後祐司, 阪本直哉, 坂本尚義, 服部高典, 佐野亜沙美, 第56回高圧討論会, 2015年11月10-12日, アステールプラザ (広島・広島)
 - 14) 温度上昇に伴うアウインの構造変化. 青木聡志, 栗林貴弘, 長瀬敏郎 (2015)地球惑星科学関連連合大会, 幕張メッセ (幕張・千葉), 2015年5月24日-28日.
 - 15) 津軽錦石の組織観察と成因について. 石川志緒利, 長瀬敏郎, 栗林貴弘 (2015)地球惑星科学関連連合大会, 2015年5月24日-28日, 幕張メッセ (幕張・千葉).
 - 16) 栗林貴弘, 中村友梨江, 長瀬敏郎, 井上徹 (2015)地球マントル中での水の挙動: シンクロトロン単結晶構造解析からのアプローチ. 東北放射光ワークショップ, 2015年12月14-15日, 東北大学 (仙台・宮城)
 - 17) 栗林貴弘, 井上徹, 長瀬敏郎 (2015) (Al, H)-bridgmanite および Al-rich phase D の精密構造解析. 第3回愛媛大学先進超高压科学研究拠点シンポジウム, 2016年2月23-24日, 愛媛大学 (松山・愛媛)
 - 18) 中村友梨江, 栗林貴弘, 長瀬敏郎, 三斜晶系ガーネットの構造分域間での陽イオン秩序配列, 日本鉱物科学会 2014年年会, 2014年9月17日~19日, 熊本大学 (熊本・熊本)
 - 19) 栗林貴弘, 井上徹, 藤野清志, 長瀬敏郎, Al と H に富む Mg-bridgmanite の放射光 X 線単結晶構造解析, 日本鉱物科学会 2014年年会, 2014年9月17日~19日, 熊本大学 (熊本・熊本)
 - 20) 井上徹, 矢吹智美, 柿澤翔, 藤野清志, 坂本尚義, 栗林貴弘, 長瀬敏郎, Al と H に富む Mg-bridgmanite の合成とキャラクターゼーション, 日本鉱物科学会 2014年年会, 2014年9月17日~19日, 熊本大学 (熊本・熊本)
 - 21) 長瀬敏郎, 門馬綱一, 栗林貴弘, 宮本毅, 山田亮一, 国内産玉髄・瑪瑙の形成過程, 日本鉱物科学会 2014年年会, 2014年9月17日~19日, 熊本大学 (熊本・熊本)
 - 22) 門馬綱一, 池田卓史, 長瀬敏郎, 栗林貴弘, 本間千舟, 西久保勝己, 高橋直樹, 高田雅介, 松下能孝, 宮脇律郎, 松原聰, 新鉱物房総石 (bososite), 日本鉱物科学会 2014年年会, 2014年9月17日~19日, 熊本大学 (熊本・熊本)
 - 23) 松原聰, 宮脇律郎, 門馬綱一, 重岡昌子, 徳本明子, 石橋隆, 下林典正, 長瀬敏郎, 紀伊半島南部海岸に見られる銅・亜鉛・鉛の二次鉱物 (II), 日本鉱物科学会 2014年年会, 2014年9月17日~19日, 熊本大学 (熊本・熊本)
 - 24) 石橋隆, 下林典正, 松原聰, 門馬綱一, 宮脇律郎, 重岡昌子, 徳本明子, 長瀬敏郎, 紀伊半島南部海岸に見られる銅・亜鉛・鉛の二次鉱物 (I) 日本鉱物科学会 2014年年会, 2014年9月17日~19日, 熊本大学 (熊本・熊本)
 - 25) 高谷舞, 長瀬敏郎, 栗林貴弘, クリソベリルの結晶構造と双晶の形成 日本鉱物科学会 2014年年会, 2014年9月17日~19日, 熊本大学 (熊本・熊本)
 - 26) 長瀬敏郎, 野崎達生, 石橋純一郎, 山田亮一, 高井研, 川口慎介, 栗林貴弘, 沖縄トラフ zero-age chimney でのウルツ鉱の組織と形成過程, 資源地質学 2014年度年会学術講演会, 2014年6月25日~27日, 東京大学小柴ホール
 - 27) 内田貴大, 栗林貴弘, 長瀬敏郎, スコレス沸石における加熱脱水に伴う相変化に関する研究, 地球惑星関連連合大会, (横浜・神奈川), 2014.4.28-5.2.
 - 28) 栗林貴弘, 井上徹, 藤野清志, 長瀬敏郎, Mg 端成分 Bridgmanite, MgSiO₃ 構造中への Al³⁺ と H⁺ の置換機構 平成 25 年度日本結晶学会年会, 2014年11月1-3日, 東京大学 (東京)
 - 29) 中村友梨江, 栗林貴弘, 長瀬敏郎, 三斜晶系ガーネットの {211}c 構造分域の結晶構造解析, 平成 25 年度日本結晶学会年会, 2014年11月1-3日, 東京大学 (東京)
 - 30) 栗林貴弘, 井上徹, 藤野清志, 長瀬敏郎, Al と H を含有する MgSiO₃ ペロプスカイト, bridgmanite の結晶構造の精密化, 2014年11月22-24日, 徳島大学 (徳島・徳島)
 - 31) 井上徹, 矢吹智美, 柿澤翔, 藤野清志, 坂本尚義, 栗林貴弘, 長瀬敏郎, 含水 bridgmanite の合成とキャラクターゼーション, 2014年11月22-24日, 徳島大学 (徳島・徳島)
 - 32) 長瀬敏郎, 門馬綱一, 栗林貴弘, 山田亮一, 玉髄・瑪瑙の微細組織の FE-SEM 観察, 日本鉱物科学会 2013年年会, 2013年9月11日~13日, 筑波大学 (つくば・茨城)
 - 33) 門馬綱一, 宮島宏, 下林典正, 石橋隆, 高山信之, 長瀬敏郎, 宮脇律郎, 松原聰, 北部フォッサマグナ地域から産出した千葉石, 日本鉱物科学会 2013年年会, 2013年9月11日~13日, 筑波大学 (つくば・茨城)
 - 34) 瀬川有香, 栗林貴弘, 長瀬敏郎, 脈状ならびに晶洞型花崗岩質ペグマタイト中の長石・石英の内部組織観察, 日本鉱物科学会 2013年年会, 2013年9月11日~13日, 筑波大学 (つくば・茨城)
 - 35) 高橋大地, 長瀬敏郎, 栗林貴弘, 山田亮一, 閃亜鉛鉱・黄銅鉱樹枝状共晶組織への EBSD 法による結晶方位解析の試み, 日本鉱物科学会 2013年年会, 2013年9月11日~13日, 筑波大学 (つくば・茨城)
 - 36) 野崎達生, 石橋純一郎, 島田和彦, 高谷雄太郎, 加藤泰浩, 川口慎介, 渋谷岳造, 長瀬敏郎, 山田亮一, 高井研, 沖縄トラフ “zero-age chimney” の記載学的・地

球化学的特徴に基づく黒鉛床の成因モデル, 資源地質学 2013 年度年会学術講演会, 2013 年 6 月 26 日~28 日, 東京大学小柴ホール(東京)

- 37) δ -Al₂O₃ 構造の O-O 距離の変化と相転移, 栗林貴弘, 佐野(古川)亜沙美, 長瀬敏郎, 平成 25 年度日本結晶学会年会, 2013 年 10 月 12 日~13 日, 熊本大学(熊本・熊本)
- 38) マリ産低対称ザク口石の結晶構造解析 中村友梨江, 栗林貴弘, 長瀬敏郎, 平成 25 年度日本結晶学会年会, 2013 年 10 月 12 日~13 日, 熊本大学(熊本・熊本)
- 39) Miyahara M., Ohtani E., El Goresy A., Lin Y.T., Feng L., Zhang J.C., Gillet P., Nagase T., Muto J., Nishijima M. Diamond in Almahata Sitta Ureilite. Japan Geoscience Union Meeting 2013, Chiba (Japan), May 20-25, 2013.

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長瀬敏郎 (NAGASE, Toshiro)

東北大学・学術資源研究公開センター・准教授

研究者番号: 10237521

(2) 研究分担者

栗林貴弘 (KURIBAYASHI, Takahiro)

東北大学・理学研究科・准教授

研究者番号: 20302086

(3) 連携研究者

宮本毅 (MIYAMOATO, Tsuyoshi)

東北大学・東北アジア研究センター・助教

研究者番号: 90292309