

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 13 日現在

機関番号：32606

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25287145

研究課題名(和文) 深部マントル条件における珪酸塩鉱物及び類縁物質の高圧相転移と熱力学特性

研究課題名(英文) High-pressure phase transitions and thermodynamic properties of silicates and related compounds in the deep mantle conditions

研究代表者

赤荻 正樹 (Akaogi, Masaki)

学習院大学・理学部・教授

研究者番号：30126560

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,100,000円

研究成果の概要(和文)：高圧高温発生技術の改良と精密な熱測定データに基づく熱力学計算の手法によって、地球マントルの深部に存在する鉱物(珪酸塩、チタン酸塩、クロム酸塩など)の高圧高温下による相転移を解明した。また、高圧下で安定になる新規相の結晶構造を決定し、相転移が起こる圧力温度条件を精密に決定して、これらの鉱物の相平衡関係を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：High-pressure phase transitions in silicate, titanate and chromate minerals in the Earth's deep mantle were clarified by means of improved high-pressure and high-temperature techniques together with precise measurements of their thermodynamic properties. Crystal structures of newly synthesized high-pressure phases were analyzed, and the phase relations were precisely determined with accurate pressure and temperature measurements.

研究分野：高圧地球科学

キーワード：マントル鉱物 高圧実験 熱測定 相転移 結晶構造 スピネル ペロブスカイト

1. 研究開始当初の背景

マントルの深さ 660 km にある地震学的不連続面では、遷移層の主要構成鉱物である $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$ スピネル(リングウッドイト)が $(\text{Mg,Fe})\text{SiO}_3$ ペロブスカイト(ブリジマナイト)と $(\text{Mg,Fe})\text{O}$ に分解する「ポストスピネル転移」が起こる。このポストスピネル転移境界線の負の圧力-温度勾配によって、沈み込むスラブに浮力が働き、沈降が部分的に妨げられ、マントル中の物質移動と進化に大きな影響を及ぼす。しかし、従来の研究では、 Mg_2SiO_4 のポストスピネル転移境界線の勾配として小さい負の値 ($-1 \sim -0.4 \text{ MPa/K}$) が高压 X 線回折実験で報告されたが、それは熱測定実験による勾配 (-3 MPa/K) よりも有意に小さく、その不一致が問題にされてきた。また、マントル岩石(パイロライト)においては、深さ 660 km 付近の圧力で約 1800 以上では、上記のポストスピネル転移は起こらず、スピネルからガーネット+マグネシオウスタイトへの分解反応が起こることが分かっていたが、1800 以上の高压相関係が詳細には分かっていたいなかった。

MgAl_2O_4 などの $\text{A}^{2+}\text{B}^{3+}_2\text{O}_4$ スピネル型化合物の高压相転移—これも「ポストスピネル転移」と呼ばれる—によって、沈み込むスラブ中の海洋地殻ではアルミニウム含有高压相(カルシウムフェライト型やカルシウムタイタネイト型)が安定になる。しかしこのアルミニウム含有相は多成分系固溶体であるため、詳しい相関係はいまだに明らかにされていない。また、クロムスピネル(主に MgCr_2O_4 、 FeCr_2O_4 の固溶体)から成る岩体であるクロミタイトの一部は、ダイヤモンドなどの高压鉱物を含み、「超高压クロミタイト」と名付けられ、それがマントルを循環する仮説が提唱されている。しかし、その当否を検証する高压実験のデータは非常に限られていた。このような状況下で、 MgCr_2O_4 、 FeCr_2O_4 を含めて、様々な $\text{A}^{2+}\text{B}^{3+}_2\text{O}_4$ 化合物の系統的な高压相転移の探索と高压相の結晶構造決定が、下部マントルでのアルミニウム含有高压相や超高压クロミタイトの挙動を解明するために重要であった。

さらに、下部マントル最深部で起こる $(\text{Mg,Fe})\text{SiO}_3$ ペロブスカイトのポストペロブスカイト(CaIrO_3)型への転移が約 10 年前に発見されてから、様々な $\text{A}^{2+}\text{B}^{3+}_2\text{O}_3$ 化合物の高压相転移が広範に研究されたが、多くのチタン酸塩ペロブスカイトはポストペロブスカイト型へ転移せず、その詳細は未解明のまま残されていた。

2. 研究の目的

(1)高精度の熱力学データを得ることによって、 Mg_2SiO_4 のポストスピネル転移境界線を熱力学計算に基づき、高压 X 線回折実験とは独立に、精密決定する。(2)パイロライトの精密な高压相平衡関係を 28GPa、2200 まで決定する。特に 1800~2200 の高压実験でスピネルからガーネット+マグネシオウスタイトへの転移の境界線を精密に決定し、下部マントルから上昇するブリュームの挙動を明らかにする。(3)ポストペロブスカイト型に転移しない ZnTiO_3 及び FeTiO_3 ペロブスカイトの高压相転移を、35GPa、1600 まで明らかにする。(4)クロムスピネルのマントル深部での挙動を解明するため、スピネル型 FeCr_2O_4 及び MgCr_2O_4 の高压相転移を詳細に調べる。

3. 研究の方法

マルチアンビル装置に高硬度超合金アンビルを 2 段階アンビルとして組み込んで使用し、到達圧力を最高 36GPa、温度を最大 2200 までに拡大した。これにより、従来の焼結ダイヤモンドアンビルによる高压実験よりも試料体積を拡大でき、回収試料の相同定が容易になり、組成分析を高精度に行い、高压相の良質な粉末 X 線回折データを取得することができ、リートベルト解析を行った。カルペ型高温微量熱量計に新型の温度制御・データ処理システムを取り付け、従来のデータよりも高精度に MgSiO_3 ペロブスカイト等のエンタルピー測定を行い、最新の熱物性データと組み合わせた熱力学計算により、ポストスピネル転移境界線を計算した。

4. 研究成果

(1) Mg_2SiO_4 スピネルと MgSiO_3 ペロブスカイトの高純度試料を高压合成し、それらと MgO の落下溶解エンタルピーの高精度測定を行った。それらに基づく転移エンタルピーと、最近測定された標準エントロピー(Akaogi et al., 2007, 2008)を合わせて、最新の熱物性データも使い、 Mg_2SiO_4 のポストスピネル転移境界線を熱力学計算によって決定した。図 1 にその結果を示す。298K における転移圧力は $23.1 \pm 1.4 \text{ GPa}$ と定まり、クラペイロン勾配は約 -1 MPa/K であった。この結果は、 Mg_2SiO_4 のポストスピネル転移の勾配が小さな負の値であり、その深さが地震学的 660km 不連続面より浅いことを示した。そのため、パイロライト組成のマントルでは、含水条件下でポストスピネル転移が深さ 660km で起こることを示唆している。(Kojitani et al., 2016)

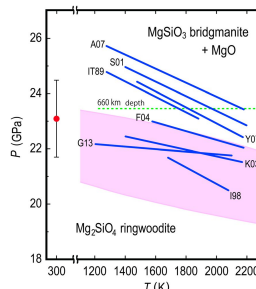


図 1

(2)パイロライトの高压相平衡関係を、19~28GPa、2200 までの高温高压実験によって詳細に決定した。その結果、 $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$ スピネルがガーネットと $(\text{Mg,Fe})\text{O}$ に分解する反応のため、1800 以上ではガーネットの割合が急増し、ガーネット-ペロブスカイト転移が 660km 不連続面を形成する転移として重要になることを明らかにした。また、それらの相組合せの結果を用い、深さ 400~750 km 付近におけるパイロライトの鉱物量比を決定し、密度を計算した。それによって、ブリュームは 660km 不連続面で抵抗を受けず上昇できると結論づけた。

(3)ペロブスカイト型からポストペロブスカイト型への転移を起こさない ABO_3 化合物として、 ZnTiO_3 と FeTiO_3 の高压相転移を 35GPa、1600 まで詳細に研究した。 ZnTiO_3 イルメナイトは約 15GPa でペロブスカイト型 ZnTiO_3 に転移し、20~25GPa で岩塩型 ZnO とパデレイト型 TiO_2 に分解する。一方、 FeTiO_3 イルメナイトは約 15GPa でペロブスカイト型に転移し、それは約 28GPa で、1200 以下でカルシウムタイタネイト型 Fe_2TiO_4 と斜方晶(OI)型 TiO_2 に分解するが、1200 以上ではカルシウムタイタネイト型 Fe_2TiO_4 と新規

FeTi₂O₅相に分解することを明らかにした(図2)。高圧その場観察実験により、新規 FeTi₂O₅相は直方晶構造と推定され、減圧後アモルファス化することが示された。以上のことから、チタン酸塩では、ポストペロブスカイト型より高密度の相がペロブスカイト型の高圧相として安定になるため、ポストペロブスカイト型が出現しないことが明確に示された。(Akaogi et al., 2015, 2017)

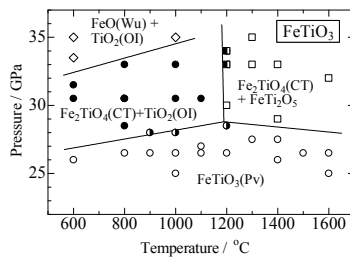


図2

(4) マントル中でのクロムスピネルの安定関係を調べるため、FeCr₂O₄の高圧相転移を詳細に明らかにした。図3に示す FeCr₂O₄の相図において、スピネル型 FeCr₂O₄は変型 ludwigite 型 Fe₂Cr₂O₅と Cr₂O₃に分解した後、さらに高圧下で、1400 以下ではカルシウムフェライト型 FeCr₂O₄に転移し、1400 以上でカルシウムタイト型 FeCr₂O₄に転移することが示された。また、高圧その場 X線観察実験により、高圧下でカルシウムフェライト型を取る FeCr₂O₄が減圧過程で変型カルシウムフェライト型に転移することが示された。変型 ludwigite 型 Fe₂Cr₂O₅、変型カルシウムフェライト型 FeCr₂O₄及びカルシウムタイト型 FeCr₂O₄の結晶構造がリートベルト法で精密化された。これらの結果は衝撃変成を受けた隕石中の FeCr₂O₄高圧相に適用され、その圧力温度条件が 18~23GPa、1300

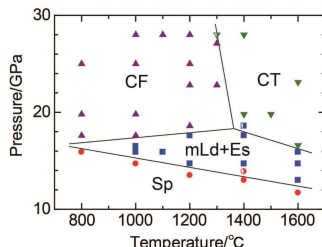


図3

付近と推定された。(Ishii et al., 2014)

(5) FeCr₂O₄と同様に、MgCr₂O₄の高圧相転移の詳細を明らかにした。図4に示す MgCr₂O₄の相図に示すように、スピネル型 MgCr₂O₄も変型 ludwigite 型 Mg₂Cr₂O₅と Cr₂O₃に分解した後、カルシウムタイト型 MgCr₂O₄に転移する。MgCr₂O₄の各転移圧力は FeCr₂O₄のそれに近い。さらに、変型 ludwigite 型 Mg₂Cr₂O₅、カルシウムタイト型 MgCr₂O₄の結晶構造がリートベルト法で精密化された。これらの結果を用いて、マントル最上部で形成されたクロミタイトがマントル深部に沈み込み、上昇流によって再度地表

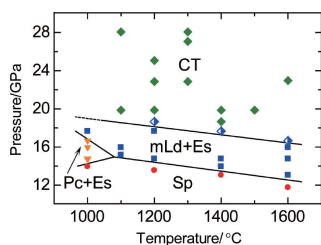


図4

が限度であると推定された。(Ishii et al., 2015)

なお、これまでの研究成果を評価され、研究代表者が 2015 年度日本高圧力学会賞を受賞した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 20 件)

1. K. Soda, T. Mizui, M. Komabuchi, M. Kato, T. Terabe, K. Suzuki, K. Niwa, Y. Shirako, M. Hasegawa, M. Akaogi, H. Kojitani, E. Ikenaga, Micro-beam Hard X-ray Photo emission Study on Platinum-group Metal Pernitrides, *J. Phys. Soc. Japan*, 査読有, 印刷中, 2017.
2. M. Akaogi, K. Abe, H. Yusa, T. Ishii, T. Tajima, H. Kojitani, D. Mori, Y. Inaguma, High-pressure high-temperature phase relations in FeTiO₃ up to 35 GPa and 1600 °C, *Phys. Chem. Minerals*, 査読有, 44, 63-73, 2017. DOI:10.1007/s00269-016-0836-3
3. 赤荻正樹、高圧実験と熱測定による地球内部物質の相転移および高圧結晶化学に関する研究、高圧力の科学と技術、査読有, 26, 167-177, 2016. DOI:10.4131/jshpreview.26.167
4. Tsujimoto, Y., Li, J.J., Yamaura, K., Matsushita, Y., Katsuya, Y., Tanaka, M., Shirako, Y., Akaogi, M., Takayama-Muromachi, E., Correction: New layered cobalt oxyfluoride, Sr₂CoO₃F, *Chem. Commun.*, 52, 査読有, 12777, 2016. DOI:10.1039/C6CC90459A
5. H. Kojitani, T. Inoue, M. Akaogi, Precise measurements of enthalpy of post-spinel transition in Mg₂SiO₄ and application to the phase boundary calculation, *J. Geophys. Res.*, 査読有, 121, 729-742, 2016. DOI: 10.1002/2015JB012211
6. M. Akaogi, K. Abe, H. Yusa, H. Kojitani, D. Mori, Y. Inaguma, High-pressure phase behaviors of ZnTiO₃: ilmenite-perovskite transition, decomposition of perovskite into constituent oxides, and perovskite-lithium niobate transition, *Phys. Chem. Minerals*, 42, 査読有, 421-429, 2015. DOI:10.1007/s00269-015-0733-1
7. T. Ishii, H. Kojitani, K. Fujino, H. Yusa, D. Mori, Y. Inaguma, Y. Matsushita, K. Yamaura, M. Akaogi, High-pressure high-temperature transitions in MgCr₂O₄ and crystal structures of new Mg₂Cr₂O₅ and post-spinel MgCr₂O₄ phases with implications for ultra-high pressure chromitites in ophiolites, *Am. Mineral.*, 査読有, 100, 59-65, 2015. DOI:10.2138/am-2015-4818
8. H. Yusa, T. Tsuchiya, M. Akaogi, H. Kojitani, D. Yamazaki, N. Hirao, Y. Ohishi, T. Kikegawa, Postperovskite phase transition of ZnGeO₃: Comparative crystal chemistry of postperovskite phase transition from germanate perovskites, *Inorg. Chem.*, 査読有, 53, 11732-11739, 2014. DOI:10.1021/ic501958y
9. Shirako, Y., Wang, X., Tsujimoto, Y., Tanaka, K., Guo, Y., Matsushita, Y., Nemoto, Y., Katsuya, Y., Shi, Y., Mori, D., Kojitani

- H., Yamaura, K., Inaguma, Y., Akaogi, M., Synthesis, crystal structure, and electronic properties of high-pressure PdF₂ type oxides M₂O₂ (M = Ru, Rh, Os, Ir, and Pt). Inorg. Chem., 査読有, 53, 11616–11625, 2014. DOI:10.1021/ic501770g
10. T. Ishii, H. Kojitani, S. Tsukamoto, K. Fujino, D. Mori, Y. Inaguma, N. Tsujino, T. Yoshino, D. Yamazaki, Y. Higo, K. Funakoshi, M. Akaogi, High-pressure phase transitions in FeCr₂O₄ and structure analysis of new post-spinel FeCr₂O₄ and Fe₂Cr₂O₅ phases with meteoritical and petrological implications, Am. Mineral., 査読有, 99, 1788-1797, 2014. DOI:10.2138/am.2014.4736
11. Zhai, S., Akaogi, M., Kojitani, H., Xue, W., Ito, E., Thermodynamic investigation on β- and γ-Ca₃(PO₄)₂ and the phase equilibria, Phys. Earth Planet. Inter., 査読有, 228, 144–149, 2014. DOI:10.1016/j.pepi.2013.07.009
12. M. Akaogi, Y. Shirako, H. Kojitani, T. Nagakari, H. Yusa, K. Yamaura, High-pressure transitions in NaZnF₃ and NaMnF₃ perovskites, and crystal-chemical characteristics of perovskite-postperovskite transitions in ABX₃ fluorides and oxides, Phys. Earth Planet. Inter., 査読有, 228, 160–169, 2014. DOI:10.1016/j.pepi.2013.09.001
13. Y. Inaguma, A. Aimi, Y. Shirako, D. Sakurai, D. Mori, H. Kojitani, M. Akaogi, M. Nakayama, High-pressure synthesis, crystal structure, and phase stability relations of a LiNbO₃-type polar titanate ZnTiO₃ and its reinforced polarity by the second-order Jahn-Teller effect, J. Am. Chem. Soc., 査読有, 136,2748-2756, 2014. DOI:10.1021/ja408931v
14. Sathish, C.I., Shirako, Y., Tsujimoto, Y., Feng, H.L., Sun, Y., Akaogi, M., Yamaura, K., Superconductivity of δ-MoC_{0.75} synthesized at 17 GPa, Solid State Communications, 査読有, 177, 33-35, 2014. DOI:10.1016/j.ssc.2013.09.024
15. A. Arasuna, M. Okuno, T. Mizukami, M. Akaogi, T. Yokoyama, H. Okudera, S. Arai, The role of water in coesite crystallization from silica gel, Eur. J. Mineral., 査読有, 25, 791-796, 2013. DOI:10.1127/0935-1221/2013/0025-2331
16. Li, J., Guo, Y., Zhang, S., Tsujimoto, Y., Wang, X., Sathish, C.I., Yu, S., Sun, Y., Yi, W., Yamaura, K., Takayama-Muro machi, E., Shirako, Y., Akaogi, M., De Long, L.E., Quasi-periodic magnetic flux jumps in the superconducting state of Ba_{0.5}K_{0.5}Fe_{1.9}M_{0.1}As₂ (M = Fe, Co, Ni, Cu, and Zn), Physica C, 査読有, 495, 192-197, 2013. DOI:10.1016/j.physc.2013.09.005
17. Cheng, J., Ishii, T., Kojitani, H., Matsubayashi, K., Matsuo, A., Li, X., Shirako, Y., Zhou, J., Goodenough, J., Jin, C.Q., Akaogi, M., Uwatoko, Y., High-pressure synthesis of the BaR₂O₃ perovskite: A Pauli paramagnetic metal with a Fermi liquid ground state, Phys. Rev. B, 査読有, 88, 205114(1-7), 2013. DOI:10.1103/PhysRevB.88.205114
18. Shi, Y., Guo, Y., Shirako, Y., Yi, W., Wang, X., Belik, A.A., Matsushita, Y., Feng, H.L., Tsujimoto, Y., Arai, M., Wang, N., Akaogi, M., Yamaura, K., High-pressure synthesis of 5d cubic perovskite BaOsO₃ at 17 GPa: Ferromagnetic evolution over 3d to 5d series, J. Am. Chem. Soc., 査読有, 135, 16507-16516, 2013. DOI:10.1021/ja4074408
19. Y. Shi, Y. Guo, X. Wang, A.J. Princep, D. Khalyavin, P. Manuel, Y. Michiue, A. Sato, K. Tsuda, S. Yu, M. Arai, Y. Shirako, M. Akaogi, N. Wang, K. Yamaura, A.T. Boothroyd, A ferroelectric-like structural transition in a metal, Nature Materials, 査読有, 12, 1024-1027, 2013. DOI:10.1038/nmat3754.
20. Kojitani, H., Többsens, D.M., Akaogi, M., High-pressure Raman spectroscopy, vibrational mode calculation, and heat capacity calculation of calcium ferrite-type MgAl₂O₄ and CaAl₂O₄. Am. Mineral., 査読有, 98, 197-206, 2013. DOI:10.2138/am.2013.4095
- 〔学会発表〕(計 60 件)
1. 糀谷浩、熱力学的手法による MgSiO₃ アキモトアイト - ブリッジマナイト相転移境界の再検討、第 57 回高圧討論会、2016 年 10 月 28 日、筑波大学学生会館 (茨城県・つくば市)
2. 赤荻正樹、ZrSiO₄ ジルコンの高圧相転移：熱力学データに基づく相平衡関係、第 57 回高圧討論会、2016 年 10 月 28 日、筑波大学学生会館 (茨城県・つくば市)
3. 濱田隆宏、カルシウムフェライト型 NaAlSiO₄ の熱容量測定によるエントロピーの決定および結晶構造精密化、第 57 回高圧討論会、2016 年 10 月 26 日、筑波大学学生会館 (茨城県・つくば市)
4. M. Akaogi, High-pressure phase transitions of perovskite-type ABX₃ compounds, 2nd National Chiao Tung Univ.-Gakushuin Univ. Student Symposium, Oct. 21, 2016 (invited), 学習院大学(東京都・豊島区)
5. 糀谷浩、落下溶解熱量測定による MgSiO₃ アキモトアイトのエントロピーの再決定、日本鉱物科学会 2016 年年会、2016 年 9 月 25 日、金沢大学角間キャンパス(石川県・金沢市)
6. 赤荻正樹、MgCr₂O₄-Mg₂SiO₄ 系の高圧相転移と超高压クロミタイトへの応用、日本鉱物科学会 2016 年年会、2016 年 9 月 25 日、金沢大学角間キャンパス(石川県・金沢市)
7. M. Akaogi, High-Pressure Phase Transitions in FeTiO₃, Fe₂TiO₄ and FeTi₂O₅, 26th Goldschmidt Conference, June, 30, 2016, パシフィコ横浜(神奈川県・横浜市)
8. H. Kojitani, Thermodynamic Calculation of Post-Spinel Phase Boundary of Mg₂SiO₄, 26th Goldschmidt Conference, June, 28, 2016, パシフィコ横浜(神奈川県・横浜市)
9. M. Akaogi, Citation for presentation of the 2016 V.M. Goldschmidt Award to Alexandra Navrotsky, 26th Goldschmidt Conference, June, 27, 2016, パシフィコ横浜(神奈川県・横浜市)

- 県・横浜市)
10. 糀谷浩, $Mg_{14}Si_5O_{24}$ anhydrous phase B の低温熱容量と標準エントロピーの決定, Japan Geoscience Union Meeting 2016, May 25, 2016, 幕張メッセ(千葉県・千葉市)
 11. M. Akaogi, High-pressure phase relations in the system $MgCr_2O_4$ - Mg_2SiO_4 with implications to ultra-high pressure chromitites in ophiolites, Japan Geoscience Union Meeting 2016, May 22, 2016, 幕張メッセ(千葉県・千葉市)
 12. Y. Shirako, Oxygen storage capacities of $BaRuO_3$ polytypes, 2105 Intern. Chem. Congress of Pacific Basin Soc. (PacifiChem 2015), Dec. 20, 2015, ホノルル(アメリカ合衆国)
 13. T. Kitajima, Enthalpy and heat capacity measurements of high-pressure Fe(II)-silicates and thermodynamic calculation of phase diagrams of Fe_2SiO_4 and $FeSiO_3$, 2105 Intern. Chem. Congress of Pacific Basin Soc. (PacifiChem 2015), Dec. 18, 2015, ホノルル(アメリカ合衆国)
 14. T. Ishii, Precise comparison of phase relations in pyrolyte, MORB and harzburgite up to 28 GPa and 1800-2200 °C using multi-sample cell technique. Am. Geophys. Union, Fall Meeting, Dec. 14, 2015, サンフランシスコ(アメリカ合衆国)
 15. 白子雄一, $CaOsO_3$ の高圧相転移, 第 56 回高圧討論会, 2015 年 11 月 12 日, JMS アステールプラザ(広島県・広島市)
 16. 糀谷浩, α - PbO_2 型 TiO_2 の非調和性に関する研究, 第 56 回高圧討論会, 2015 年 11 月 12 日, JMS アステールプラザ(広島県・広島市)
 17. 濱田隆宏, 糀谷浩, 赤荻正樹, カルシウムフェライト型 $NaAlSiO_4$ の高温高圧合成と低温熱容量測定, 第 56 回高圧討論会, 2015 年 11 月 11 日, JMS アステールプラザ(広島県・広島市)
 18. 赤荻正樹, 高圧実験と熱測定による地球内部物質の相転移および高圧結晶化学に関する研究, 第 56 回高圧討論会, 2015 年 11 月 11 日(受賞講演)(招待講演), JMS アステールプラザ(広島県・広島市)
 19. 田島太亮, 糀谷浩, 遊佐斉, 赤荻正樹, Fe_2TiO_4 と $FeTi_2O_5$ の高圧相転移, 第 56 回高圧討論会, 2015 年 11 月 10 日, JMS アステールプラザ(広島県・広島市)
 20. 北島友実, α, γ - Fe_2SiO_4 の高温熱容量測定と FeO - SiO_2 系相境界の熱力学計算, 第 56 回高圧討論会, 2015 年 11 月 10 日, JMS アステールプラザ(広島県・広島市)
 21. 糀谷浩, α - PbO_2 型 TiO_2 の定圧熱容量測定, 日本鉱物科学会 2015 年度年会, 2015 年 9 月 27 日, 東京大学本郷キャンパス(東京都・文京区)
 22. 赤荻正樹, $FeTiO_3$ ペロブスカイトの高圧分解反応: 35GPa までの高温高圧相関係, 日本鉱物科学会 2015 年度年会, 2015 年 9 月 27 日, 東京大学本郷キャンパス(東京都・文京区)
 23. 藤野清志, 高圧相 $Mg_2Cr_2O_5$ の回収に伴う超構造, 日本鉱物科学会 2015 年度年会, 2015 年 9 月 25 日, 東京大学本郷キャンパス(東京都・文京区)
 24. 曾田一雄, 高圧相 PdF_2 型白金族酸化物 MO_2 ($M=Ru, Rh, Ir, Pt$) の電子構造, 日本物理学会 2015 年秋季大会, 2015 年 9 月 18 日, 関西大学千里山キャンパス(大阪府・吹田市)
 25. Y. Shirako, Crystal chemistry of post-perovskite-type AMX_3 compounds, The 29th European Crystallographic Meeting, August 24, 2015(招待講演), ロヴィニ(クロアチア)
 26. M. Akaogi, High-pressure decomposition of $FeTiO_3$, $MgTiO_3$ and $ZnTiO_3$ perovskites, Japan Geoscience Union Meeting 2015, May 25, 2015, 幕張メッセ(千葉県・千葉市)
 27. 小林大地, PdF_2 型白金族酸化物の $L_{2,3}$ 端軟 X 線吸収スペクトル, 2014 年放射光学会, 第 28 回放射光学会年会, 2015 年 1 月 11 日, 立命館大学(滋賀県・草津市)
 28. 赤荻正樹, 高圧下における TiO_2 のルチル型- α - PbO_2 型相転移: エントロピー測定に基づく相平衡関係, 第 55 回高圧討論会, 2014 年 11 月 24 日, 徳島大学(徳島県・徳島市)
 29. 石井貴之, 660km 不連続面付近におけるパイロライトのホットプリューム条件下の高圧相関係, 第 55 回高圧討論会, 2014 年 11 月 24 日, 徳島大学(徳島県・徳島市)
 30. 糀谷浩, 高圧ラマン分光測定によるカルシウムフェライト型 $NaAlSiO_4$ のグリューナイゼン定数の決定, 第 55 回高圧討論会, 2014 年 11 月 23 日, 徳島大学(徳島県・徳島市)
 31. 石井貴之, $Mg_2Cr_2O_5$ 高圧相の結晶構造, 第 55 回高圧討論会, 2014 年 11 月 23 日, 徳島大学(徳島県・徳島市)
 32. 石井貴之, パイロライト・ハルツバーグサイト・MORB の 660km 不連続面付近における高圧相関係の比較, 第 55 回高圧討論会, 2014 年 11 月 22 日, 徳島大学(徳島県・徳島市)
 33. 北島友実, $Fe()$ を含む珪酸塩高圧相の落下溶解熱測定と熱力学計算による $FeSiO_3$ の相平衡図, 第 55 回高圧討論会, 2014 年 11 月 22 日, 徳島大学(徳島県・徳島市)
 34. 松澤太亮, 糀谷浩, 赤荻正樹, Fe_2SiO_4 のポストスピネル転移相境界線の決定, 第 55 回高圧討論会, 2014 年 11 月 22 日, 徳島大学(徳島県・徳島市), 徳島大学(徳島県・徳島市)
 35. 山崎萌波, α - PbO_2 型 TiO_2 の高圧ラマン測定, 第 55 回高圧討論会, 2014 年 11 月 22 日, 徳島大学(徳島県・徳島市)
 36. 阿部航平, $FeTiO_3$ の高温高圧相関係, 第 55 回高圧討論会, 2014 年 11 月 22 日, 徳島大学(徳島県・徳島市)
 37. 白子雄一, $BaRuO_3$ 高圧多形間での酸素貯蔵能の比較, 第 55 回高圧討論会, 2014 年 11 月 22 日, 徳島大学(徳島県・徳島市)
 38. 赤荻正樹, $ZnTiO_3$ イルメナイト - ペロブスカイト転移とペロブスカイトの高圧分解反応, 日本鉱物科学会 2014 年度年会, 2014 年 9 月 18 日, 熊本大学(熊本県・熊本市)
 39. 糀谷浩, カルシウムフェライト型 $NaAlSiO_4$ の高圧ラマン分光測定, 日本鉱物科学会 2014 年度年会, 2014 年 9 月 18

- 日、熊本大学(熊本県・熊本市)
40. Y. Inaguma, High-pressure synthesis, structure, phase relation of polar LiNbO_3 -type ZnTiO_3 , Congress and General Assembly, International Union of Crystallography (IUCr), 2014年8月11日、モントルオール(カナダ)
 41. 石井貴之、660km不連続面付近におけるパイロライト、MORB、ハルツバージャイトの相関係の比較: マルチセル法を用いた精密実験、日本地球惑星科学連合2014年大会、2014年5月2日、パシフィコ横浜(神奈川県・横浜市)
 42. 松澤太亮、 Fe_2SiO_4 のポストスピネル転移相境界線の決定、日本地球惑星科学連合2014年大会、2014年5月1日、パシフィコ横浜(神奈川県・横浜市)
 43. 糀谷浩、新規高圧ストロンチウム珪酸塩の結晶構造解析、日本地球惑星科学連合2014年大会、2014年5月1日、パシフィコ横浜(神奈川県・横浜市)
 44. 赤荻正樹、微量高圧相のPPMS装置による熱容量、エントロピーの測定: TiO_2 及び MnSiO_3 高圧相、日本地球惑星科学連合2014年大会、2014年5月1日、パシフィコ横浜(神奈川県・横浜市)
 45. 阿部航平、 ZnTiO_3 の高温高圧相転移、日本地球惑星科学連合2014年大会、2014年4月30日、パシフィコ横浜(神奈川県・横浜市)
 46. T. Ishii, Phase transitions and mineral chemistry in pyrolite at 1600-2200 °C across 660-km seismic discontinuity, Japan Geoscience Union Meeting 2014, April 29, 2014, パシフィコ横浜(神奈川県・横浜市)
 47. 糀谷浩、ポストペロプスカイト型酸化物およびフッ化物の高圧合成と結晶化学、理化学研究所、RIKEN-CEMSワークショップ「高圧合成法による環境エネルギー材料の探索」、2013年12月26日(招待講演) 理化学研究所(埼玉県・和光市)
 48. 糀谷浩、ポストスピネル相境界から制約される Mg_2SiO_4 リングウッダイト中の陽イオン無秩序、第54回高圧討論会、2013年11月16日、朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター(新潟県・新潟市)
 49. 石井貴之、23GPa付近、2000以上におけるパイロライトの高圧相関係、第54回高圧討論会、2013年11月14日、朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター(新潟県・新潟市)
 50. 石井貴之、 FeCr_2O_4 の高圧相転移と新規ポストスピネル相の結晶構造、第54回高圧討論会、2013年11月14日、朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター(新潟県・新潟市)
 51. 新井祐介、 TiO_2 - SiO_2 系における高圧相中のTi, Si相互固溶度の圧力温度依存性、第54回高圧討論会、2013年11月14日、朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター(新潟県・新潟市)
 52. 山崎萌波、 MgSiO_3 高圧相アキモタイトの熱力学的性質、第54回高圧討論会、2013年11月14日、朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター(新潟県・新潟市)
 53. 阿部航平、 ZnTiO_3 の高温高圧相転移、第54回高圧討論会、2013年11月14日、

- 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター(新潟県・新潟市)
54. 荒砂茜、100 下5GPaまでの圧縮によるシリカゲルの構造変化、日本鉱物科学会2013年度年会、2013年9月13日、筑波大学(茨城県・つくば市)
 55. 糀谷浩、熱力学的手法による Mg_2SiO_4 のポストスピネル相転移境界の再決定、日本鉱物科学会2013年度年会、2013年9月11日、筑波大学(茨城県・つくば市)
 56. 赤荻正樹、酸化熱量測定法による FeO-SiO_2 系高圧相の熱力学的性質と高圧相平衡関係、日本鉱物科学会2013年度年会、2013年9月11日、筑波大学(茨城県・つくば市)
 57. H. Kojitani, Re-determination of high-temperature heat capacity and thermal expansivity of Mg_2SiO_4 ringwoodite: Implication for Clapeyron slope of post-spinel transition, 10th Annual Meeting of Asia Oceania Geosciences Society, June 26, 2013 (招待講演), ブリスベン(オーストラリア)
 58. 糀谷浩、熱力学的手法による Mg_2SiO_4 のポストスピネル相転移境界の再決定、日本地球惑星科学連合2013年大会、2013年5月24日、幕張メッセ(千葉県・千葉市)
 59. 山崎萌波、高温X線回折測定と高圧ラマン測定に基づく SiO_2 ステイショバイトと MgSiO_3 アキモタイトの熱膨張率の決定、日本地球惑星科学連合2013年大会、幕張メッセ(千葉県・千葉市)
 60. 赤荻正樹、ペロプスカイト型 NaZnF_3 、 NaMnF_3 の高圧相転移と、 MgSiO_3 アナログ物質としてのポストペロプスカイト型 $\text{A}^+\text{B}^{2+}\text{F}_3$ 、日本地球惑星科学連合2013年大会、2013年5月20日、幕張メッセ(千葉県・千葉市)

〔図書〕(計2件)

1. M. Akaogi, Clapeyron's equation, In: W.M. White, Ed., Encyclopedia of Geochemistry, Earth Science Series, Springer, 査読有, 印刷中, 2017.
DOI:10.1007/978-3-319-39193-9_301-1.
2. M. Akaogi, Calorimetry, In: W.M. White, Ed., Encyclopedia of Geochemistry, Earth Science Series, Springer, 査読有, 印刷中, 2017.
DOI:10.1007/978-3-319-39193-9_300-1.

〔その他〕

ホームページ
<http://www-cc.gakushuin.ac.jp/~901334/homepage/teme.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

赤荻 正樹 (Akaogi Masaki)
 学習院大学・理学部・教授
 研究者番号: 30126560

(2) 連携研究者

糀谷 浩 (Kojitani Hiroshi)
 学習院大学・理学部・助教
 研究者番号: 60291522