

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 10 日現在

機関番号： 32606
 研究種目： 基盤研究 (B)
 研究期間： 2010～2012
 課題番号： 22340163
 研究課題名 (和文) マントル鉱物の高圧相平衡と熱力学：ポストスピネルとポストペロブスカイト
 研究課題名 (英文) High-pressure phase equilibria and thermodynamics of mantle minerals: postspinel and postperovskite
 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

研究成果の概要(和文):スピネル型マントル鉱物のポストスピネル相への高圧相転移について、高精度の高温高圧実験及び熱測定実験により、個々の鉱物及びパイロライトにおける相平衡関係を詳細に解明した。ペロブスカイト型からポストペロブスカイト型へ高圧相転移を起す多くの化合物を見出し、その結晶構造・物性を明らかにした。

研究成果の概要(英文): Phase equilibrium relations of spinel-postspinel transitions of mantle minerals have been precisely determined in the mineral compositions and in pyrolite by high-pressure high-temperature experiments and calorimetry. Perovskite-postperovskite transitions have been found in several compounds at high pressure. The crystal structures of postperovskite-type compounds were analyzed and their physical properties were measured.

交付決定額

(金額単位:円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	9,100,000	2,730,000	11,830,000
2011年度	2,800,000	840,000	3,640,000
2012年度	3,100,000	930,000	4,030,000
年度			
年度			
総計	15,000,000	4,500,000	19,500,000

研究分野： 数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学、岩石・鉱物・鉱床学

キーワード：マントル・高圧実験・熱測定・相平衡・ポストスピネル・ポストペロブスカイト

1. 研究開始当初の背景

マントルの 660km 不連続面と下部マントルの D”層では、構成鉱物の相転移が起こり、それによる物性変化がマントルダイナミクスに大きな影響を与える。660km 不連続面では、 $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$ スピネルが $(\text{Mg,Fe})\text{SiO}_3$ ペロブスカイトと $(\text{Mg,Fe})\text{O}$ に分解する「ポストスピネル転移」が起こる。D”層では、 $(\text{Mg,Fe})\text{SiO}_3$ ペロブスカイトの「ポストペロブスカイト転移」が起こり、層状構造で高密度

のポストペロブスカイト相に転移する。

$(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$ のポストスピネル転移が負のクラベロン勾配を持ち、それがスラブの沈み込みを部分的に妨げるため、スラブの滞留を引き起こすことが従来から明らかにされてきた。しかしこの勾配値は、転移エンタルピー測定に基づく熱力学計算の値と高圧 X 線回折実験による値に大きな差があり、さらにマントル平均組成のパイロライトと Mg_2SiO_4 で同一の値であるかは確かでない。

このように、ポストスピネル転移のクラペイロン勾配をさらに詳しく研究することは極めて重要な課題である。

MgSiO₃ ポストペロブスカイトは SiO₆ 八面体層と Mg が積層する 2 次元的構造を持つため、その物性は大きな異方性を持ち、D²層の特異な性質を説明できるとされている。しかし MgSiO₃ ポストペロブスカイト相は 120GPa、2000°C を越える超高压高温下でのみ安定であり、常圧常温に回収することができない。このことは、MgSiO₃ ポストペロブスカイトの構造と物性、特にレオロジーや熱力学的性質等の研究を著しく困難にする。さらにポストペロブスカイト転移を起こす酸化物は CaIrO₃ 及び筆者らが最近報告した CaRuO₃、CaRhO₃ だけであった。そのため、更に多くのポストペロブスカイト相を探索することが、MgSiO₃ ポストペロブスカイトの良いモデル物質を見出すと共に、結晶化学的系統性の解明を可能にすると思われた。

2. 研究の目的

(1) 多数の試料を同時加圧するマルチセル法を用いた高温高压実験により、Mg₂SiO₄ 及びパイロライトにおけるポストスピネル転移境界線の P-T 勾配の違いを正確に決定する。
 (2) ポストスピネル相などのマントル鉱物の高精度の熱測定に基づく熱力学計算によって、その高压相平衡関係を精密決定する。
 (3) ポストペロブスカイト転移を起こす多数の ABX₃ 化合物を探索し、ポストペロブスカイト相が常圧に急冷凍結できる物質を見出し、相平衡関係を決定し、結晶構造を精密化し、物性を測定する。これらの結果を基に、ポストペロブスカイト転移の結晶化学的系統性を解明する。

3. 研究の方法

高压実験装置に高硬度超合金アンビルを組み込み、従来より大きな試料空間をより小さい荷重で実現した。3-4 つの異なる試料を同一温度圧力条件に置けるマルチセル法を用い、Mg₂SiO₄、MgSiO₃、パイロライト、大陸地殻物質の詳細な相関係を決定した。ポストペロブスカイト相の新規高压相の結晶構造決定のために放射光 X 線回折データを収集し、リートベルト法で構造精密化を行った。ポストペロブスカイト相の低温熱容量を PPMS 装置で、磁化率を MPMS 装置で測定した。高温微量熱量計に制御解析システム (CSEvo) を取り付け、熱量データの取得・解析の高精度化・迅速化を図った。室温以上の熱容量は DSC で測定した。

4. 研究成果

(1) マルチセル法を用いて Mg₂SiO₄、MgSiO₃、パイロライトの詳細な相関係を 28GPa、

1800°C まで決定した。その結果、パイロライトのポストスピネル転移は Mg₂SiO₄ に比べ、約 0.5GPa 低い圧力で起こり、転移境界線の勾配が約半分であることが明らかになった。このことは、従来から広く行われてきた、Mg₂SiO₄ ポストスピネル転移境界線の勾配を使って 660km 不連続面のマントルダイナミクスへの影響を議論することでは不十分であることを初めて示す重要な結果である (Ishii et al., 2011)。

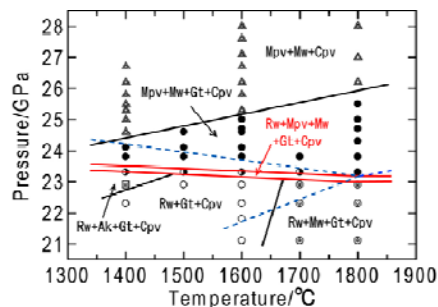


図 1. パイロライトと Mg₂SiO₄ のポストスピネル転移相境界線

(2) 28GPa、1800°C までの大陸地殻物質の詳細な相平衡関係をマルチセル法で決定し、高压相関係を基に密度を計算した。その結果、大陸地殻物質の鉱物組合せから、沈み込むスラブと共に大陸地殻物質が下部マントル深部にまで沈み込み得ることを明示した (Ishii et al., 2012)。

(3) NaNiF₃ のペロブスカイト-ポストペロブスカイト転移の高压相関係を詳細に決定した。ペロブスカイト、ポストペロブスカイト両相の構造を精密化し、熱容量・磁化率等の物性を測定した (Shirako et al., 2012a)。NaCoF₃ ペロブスカイトが高压下でポストペロブスカイトに転移し、さらに高压で Na₃Co₃F₁₁ と NaCo₃F₇ に分解することを見出し、高压相平衡関係を決定した (Yusa et al., 2012)。

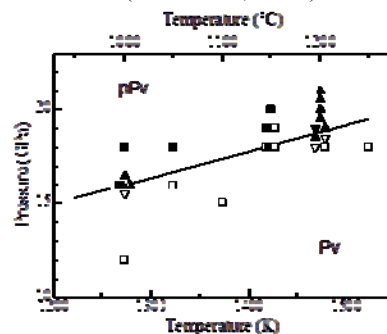


図 2. NaNiF₃ の高压相平衡図

研究代表者らが先に見出した、ペロブスカイトとポストペロブスカイト相の中間の圧力温度で安定な CaRhO₃ 相について、その構造解析を行い、ポストペロブスカイト構造に類似しているが、異なる構造であることを明ら

かにした (Shirako et al., 2012b)。

(4) ABX_3 酸化物、フッ化物のペロブスカイト→ポストペロブスカイト転移に関して、(3)の結果を含めて13種類の ABX_3 化合物のデータを整理し、この転移の相境界線の勾配、密度変化、ペロブスカイトとポストペロブスカイトの圧縮挙動、ポストペロブスカイト型に転移する ABX_3 化合物のB-X結合の共有性など、ペロブスカイト→ポストペロブスカイト転移に共通に見られる結晶化学的特徴が存在することを明らかにした。

(5) ポストスピネル相であるカルシウムフェライト型 $MgAl_2O_4$ および MgO と Al_2O_3 の熱量測定を行い、 MgO と Al_2O_3 がカルシウムフェライト型 $MgAl_2O_4$ に転移する際の高压相平衡境界線を熱力学計算で決定した。さらに高压ラマンスペクトルと格子振動計算から熱容量を決定した(Kojitani et al., 2012a, 2013)。

(6) Mg_2SiO_4 スピネルの高温熱容量を測定し、格子振動モデルにより熱容量を0 Kから計算し標準エントロピーを求めた(Kojitani et al., 2012b)。 SiO_2 ステイショバイトの低温熱容量を測定し、298Kの標準エントロピーを決定した(Akaogi et al., 2011)。

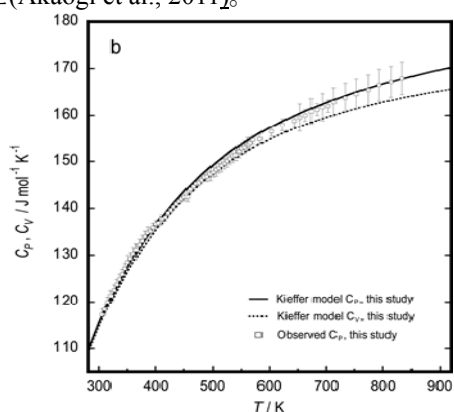


図3. Mg_2SiO_4 スピネルの熱容量

(7) $Mg_{14}Si_5O_{24}$ anhydrous phase Bの相関係を20GPa、1800°Cまでの高压実験で決定した。さらにanhydrous phase Bの熱容量、熱膨張率、転移エンタルピーを測定し、熱力学計算により相平衡関係を計算して高压実験の結果を精密化した。

(8) TiO_2 - ZrO_2 系の20GPaまでの高压相関係を調べ、 αPbO_2 型連続固溶体が TiO_2 に富む側で広く安定であることを明らかにした(Akaogi et al., 2012)。

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 21 件)

1. Kojitani, H., Többsen, D.M., Akaogi, M., High-pressure Raman spectroscopy, vibrational mode calculation, and heat capacity calculation of calcium ferrite-type $MgAl_2O_4$ and $CaAl_2O_4$. *Am. Mineral.*, **98**, 197-206, 2013. doi:10.2138/am.2013.4095 (査読有)
2. Kojitani, H., Ishii, T., Akaogi, M., Thermodynamic investigation on phase equilibrium boundary between calcium ferrite-type $MgAl_2O_4$ and $MgO + \alpha-Al_2O_3$. *Phys. Earth Planet. Inter.*, **212-213**, 100-105, 2012. dx.doi.org/10.1016/j.pepi.2012.10.002 (査読有)
3. Ishii, T., Kojitani, H., Akaogi, M., High-pressure phase transitions and subduction behavior of continental crust at pressure-temperature conditions up to the upper part of the lower mantle. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **357-358**, 31-41, 2012. dx.doi.org/10.1016/j.epsl.2012.09.019 (査読有)
4. Akaogi, M., Horiuchi, N., Ishii, T., Kojitani, H., High-pressure phase relations in the system TiO_2 - ZrO_2 to 12 GPa: stability of αPbO_2 -type srilankite solid solutions of $(Ti_{1-x}, Zr_x)O_2$ ($0 \leq x \leq 0.6$). *Phys. Chem. Minerals*, **39**, 797-802, 2012, DOI 10.1007/s00269-012-0534-8 (査読有)
5. Li, J., Guo, Y.F., Zhang, S.B., Yuan J., Tsujimoto, Y., Wang, X., Sathish, C.I., Sun, Y., Yu, S., Yi, W., Yamaura, K., Takayama-Muromachi, E., Shirako, Y., Akaogi, M., Kontani, H., Superconductivity suppression of $Ba_{0.5}K_{0.5}Fe_{2-2x}M_{2x}As_2$ single crystals by substitution of transition-metal ($M = Mn, Ru, Co, Ni, Cu, \text{ and } Zn$), *Phys. Rev. B*, **85**, 214509 1-8, 2012. doi 10.1103/PhysRevB.85.214509. (査読有)
6. Wang, X., Guo, Y., Shi, Y., Belik, A.A., Tsujimoto, Y., Yi, W., Sun, Y., Shirako, Y., Arai, M., Akaogi, M., Matsushita, Y., Yamaura, K., High-pressure synthesis, crystal structure, and electromagnetic properties of $CdRh_2O_4$: an analogous oxide of the postspinel mineral $MgAl_2O_4$, *Inorg. Chem.*, **51**, 6868-6875, 2012. dx.doi.org/10.1021/ic300628m. (査読有)
7. Yusa, H., Shirako, Y., Akaogi, M., Kojitani, H., Hirao, N., Ohishi, Y., Kikegawa, T., Perovskite to postperovskite transitions in $NaNiF_3$ and $NaCoF_3$, and disproportionation of $NaCoF_3$ postperovskite under high pressure and high temperature, *Inorg. Chem.*, **51**, 6559-6566, 2012. doi: 10.1021/ic300118d. (査読有)
8. Kojitani, H., Oohata, M., Inoue, T., Akaogi, M., Redetermination of high-temperature heat capacity of Mg_2SiO_4 ringwoodite:

- Measurement and lattice vibrational model calculation, *Am. Mineral.*, **97**, 1314-1319, 2012. doi: 10.2138/am.2012.4054 (査読有)
9. Shirako, Y., Shi, Y.G., Aimi, A., Mori, D., Kojitani, H., Yamaura, K., Inaguma, Y., Akaogi, M., High-pressure stability relations, crystal structures, and physical properties of perovskite and post-perovskite of NaNiF_3 , *J. Solid State Chem.*, **191**, 167-174, 2012. Doi:10.1016/j.jssc.2012.03.004. (査読有)
 10. Shirako, Y., Kojitani, H., Oganov, A.R., Fujino, K., Miura, H., Mori, D., Inaguma, Y., Yamaura, K., Akaogi, M., Crystal structure of CaRhO_3 polymorph: high-pressure intermediate phase between perovskite and post-perovskite, *Am. Mineral.*, **97**, 159-163, 2012. doi: 10.2138/am.2012.3856 (査読有)
 11. Wang, X.X., Guo, Y.F., Shirako, Y., Akaogi, M., Yamaura, K., Takayama-Muromachi, E., Thermal evolution of the crystal structure of the correlated 4d post-perovskite CaRhO_3 , *Physica C*, **471**, 763-765, 2011. dx.doi.org/10.1016/j.physc.2011.05.048 (査読有)
 12. Tsujimoto, Y., Yamaura, K., Hayashi, N., Kodama, K., Igawa, N., Matsushita, Y., Katsuya, Y., Shirako, Y., Akaogi, M., Takayama-Muromachi, E., Topotactic synthesis and crystal structure of a highly fluorinated Ruddlesden-Popper type iron oxide, $\text{Sr}_3\text{Fe}_2\text{O}_{5+x}\text{F}_{2-x}$ ($x \sim 0.44$), *Chem. Mater.*, **23**, 3652-3658, 2011. DOI: 10.1021/cm201075g (査読有)
 13. Ishii, T., Kojitani, H., Akaogi, M., Post-spinel transitions in pyrolite and Mg_2SiO_4 and akimotoite-perovskite transition in MgSiO_3 : Precise comparison by high-pressure high-temperature experiments with multi-sample cell technique, *Earth Planet. Sci. Lett.*, **309**, 185 - 197, 2011. dx.doi.org/10.1016/j.epsl.2011.06.023 (査読有)
 14. Shirako, Y., Satsukawa, H., Wang, X.X., Li, J.J., Guo, Y.F., Arai, M., Yamaura, K., Yoshida, M., Kojitani, H., Katsumata, T., Inaguma, Y., Hiraki, K., Takahashi, T., Akaogi, M., Integer spin-chain antiferromagnetism of the 4d post-perovskite oxide CaRuO_3 , *Phys. Rev. B*, **83**, 174411-1~7, 2011. doi:10.1103/PhysRevB.83.174411 (査読有)
 15. Akaogi, M., Oohata, M., Kojitani, H., Kawaji, H., Thermodynamic properties of stishovite by low-temperature heat capacity measurements and the coesite-stishovite transition boundary, *Am. Mineral.*, **96**, 1325-1330, 2011. doi: 10.2138/am.2011.3748 (査読有)
 16. Kojitani, H., Iwabuchi, T., Kobayashi, M., Miura, H., Akaogi, M., Structure refinement of high-pressure hexagonal aluminous phases $\text{K}_{1.00}\text{Mg}_{2.00}\text{Al}_{4.80}\text{Si}_{1.15}\text{O}_{12}$ and $\text{Na}_{1.04}\text{Mg}_{1.88}\text{Al}_{4.64}\text{Si}_{1.32}\text{O}_{12}$, *Am. Mineral.*, **96**, 1248-1253, 2011. doi: 10.2138/am.2011.3638 (査読有)
 17. Tsujimoto, Y., Li, J.J., Yamaura, K., Matsushita, Y., Katsuya, Y., Tanaka, M., Shirako, Y., Akaogi, M., Takayama-Muromachi, E., New layered cobalt oxyfluoride, $\text{Sr}_2\text{CoO}_3\text{F}$, *Chem. Commun.*, **47**, 3263-3265, 2011. DOI: 10.1039/C0CC05482H (査読有)
 18. Kojitani, H., Enomoto, A., Tsukamoto, S., Akaogi, M., Miura, H., Yusa, H., High pressure high temperature phase relations in MgAl_2O_4 , *J. Phys: Conf. Ser.*, **215**, 2010, doi:10.1088/1742-6596/215/1/012098. (査読有)
 19. Akaogi, M., Shirako, Y., Kojitani, H., Takamori, S., Yamaura, K., Takayama-Muromachi, E., Post-perovskite transitions in $\text{CaB}^{4+}\text{O}_3$ at high pressure, *J. Phys: Conf. Ser.*, **215**, 2010, doi:10.1088/1742-6596/215/1/012095. (査読有)
 20. Shirako, Y., Satsukawa, H., Kojitani, H., Katsumata, T., Yoshida, M., Inaguma, Y., Hiraki, K., Takahashi, T., Yamaura, K., Takayama-Muromachi, E., Akaogi, M., Magnetic properties of high-pressure phase of CaRuO_3 with post-perovskite structure, *J. Phys: Conf. Ser.*, **215**, 2010, doi:10.1088/1742-6596/215/1/012038. (査読有)
 21. Akaogi, M., Haraguchi, M., Nakanishi, K., Ajiro, H., Kojitani, H., High-pressure phase relations in the system $\text{CaAl}_4\text{Si}_2\text{O}_{11}$ - $\text{NaAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{11}$ with implication for Na-rich CAS phase in shocked Martian meteorites, *Earth Planet. Sci. Lett.*, **289**, 503-508, 2010. dx.doi.org/10.1016/j.epsl.2009.11.043 (査読有)
- [学会発表] (計 55 件)
1. Akaogi, M., Perovskite-postperovskite transitions in Some $\text{A}^+\text{B}^{2+}\text{F}_3$ Fluorides as Analogues for MgSiO_3 , GCOE-TANDEM 2013 Intern. Symp., March 4, 2013, Matsuyama.
 2. Ishii, T., High-pressure phase relations in FeCr_2O_4 and MgCr_2O_4 and crystal structures of new post-spinel phases, GCOE-TANDEM 2013 Intern. Symp., March 4, 2013, Matsuyama.
 3. 糀谷 浩、高圧ラマン測定に基づいた Mg_2SiO_4 リングウッドイトの熱膨張率の決定、第 53 回高圧討論会、2012 年 11 月

- 9日、大阪。
- 遊佐 齊、 NaMF_3 ($M=\text{Co, Ni}$) のポストペロブスカイト転移、第 53 回高压討論会、2012 年 11 月 9 日、大阪。
 - 赤荻正樹、 FeCr_2O_4 の高压相転移、第 53 回高压討論会、2012 年 11 月 7 日、大阪。
 - 石井貴之、 MgCr_2O_4 の高压相転移、第 53 回高压討論会、2012 年 11 月 7 日、大阪。
 - Shirako, Y., Structure refinement of high-pressure MO_2 ($M = \text{Ru, Rh, Os, Ir and Pt}$) with PdF_2 -type structure, IUCr Comm. High Pressure 2012 Meet., Sept. 25, 2012, Mito.
 - 糀谷浩、 Mg_2SiO_4 リングウッダイトの高温熱容量の再決定、日本鉱物科学会 2012 年会、2012 年 9 月 20 日、京都。
 - 赤荻正樹、 ABX_3 ペロブスカイト-ポストペロブスカイト転移の結晶化学的特徴、日本鉱物科学会 2012 年会、2012 年 9 月 20 日、京都。
 - 辻本吉廣、層状鉄酸フッ化物のトポクティック合成と結晶構造、日本セラミックス協会第 25 回秋季シンポジウム、2012 年 9 月 19 日、名古屋。
 - Kojitani, H., Thermodynamic and Raman Spectroscopic Studies on High-Pressure Calcium Ferrite-Type Compounds, 14th Intern. IUPAC Conf. High Temperature Materials Chemistry, Sept 10, 2012, Beijing, China.
 - Akaogi, M., Perovskite-postperovskite transformations in transition metal fluorides and oxides, Joint 2012 COMPRES Ann. Meet. and High-Pressure Mineral Physics Semilar-8, July 12, 2012, Lake Tahoe, California, USA.
 - 赤荻正樹、 FeCr_2O_4 の高压相関係と衝撃隕石中のポストスピネル相への応用、日本地球惑星科学連合 2012 年大会、2012 年 5 月 25 日、幕張。
 - 糀谷浩、 Mg_2SiO_4 リングウッダイトの高温熱容量の再決定、日本地球惑星科学連合 2012 年大会、2012 年 5 月 22 日、幕張。
 - 石井貴之、下部マントル上部までにおける沈み込んだ大陸地殻の高压相転移と密度、日本地球惑星科学連合 2012 年大会、2012 年 5 月 21 日、幕張。
 - Arasuna, A., The structural changes of silica gel by compressions up to 10 GPa, Eur. Geosci. Union General Assembly 2012, April 27, 2012, Vienna, Austria.
 - Arasuna, A., The structural evolution of silica gel by compressions, Sci-Mix in Kanazawa, March 2, 2012, Kanazawa.
 - 赤荻正樹、スピネル型及びペロブスカイト型酸化物の高压相転移、東京工業大学応用セラミックス研究所、2011 年 12 月 9 日、長津田。(招待講演)
 - 赤荻正樹、 TiO_2 - ZrO_2 系の高温高压相関係と α - PbO_2 型固溶体、第 52 回高压討論会、2011 年 11 月 10 日、沖縄。
 - 糀谷浩、カルシウムフェライト型 MgAl_2O_4 の安定領域に関する熱力学的検討、第 52 回高压討論会、2011 年 11 月 10 日、沖縄。
 - 白子雄一、 CaRhO_3 中間相の結晶構造の決定、第 52 回高压討論会、2011 年 11 月 10 日、沖縄。
 - 横山つかさ、酸化カロリメトリー法による Fe(II) を含む高压相試料の熱力学データ、第 52 回高压討論会、2011 年 11 月 9 日、沖縄。
 - 石井貴之、マントル 660 km 付近における沈み込んだ大陸地殻物質の高压相転移と物質循環、第 52 回高压討論会、2011 年 11 月 9 日、沖縄。
 - 石井貴之、Pyrolite と Mg_2SiO_4 のポストスピネル転移の比較:スピネル、ペロブスカイト相中の固溶体成分の効果、第 52 回高压討論会、2011 年 11 月 9 日、沖縄。
 - 赤荻正樹、 TiO_2 - ZrO_2 系の高压相関係と α - PbO_2 型固溶体の形成、日本鉱物科学会 2011 年会、2011 年 9 月 11 日、水戸。
 - 糀谷浩、高压ラマン測定によるカルシウムフェライト型 MgAl_2O_4 のグリューナイズン定数の決定、日本鉱物科学会 2011 年会、2011 年 9 月 11 日、水戸。
 - 田中樹恵、ペロブスカイト型酸化物 PbNiO_3 の高压合成と構造相転移、日本セラミックス協会 第 24 回秋季シンポジウム、2011 年 9 月 8 日、札幌。
 - 田中樹恵、X 線回折測定による PbNiO_3 の高压相転移のその場観察、第 28 回 PF シンポジウム、2011 年 7 月 12 日、筑波。
 - 赤荻正樹、熱容量測定に基づくスティショバイトの熱力学的性質とコーサイト-スティショバイト転移境界、日本地球惑星科学連合 2011 年大会、2011 年 5 月 25 日、幕張。
 - 糀谷浩、ダニエル・トェベンス、赤荻正樹、カルシウムフェライト型 MgAl_2O_4 の高压ラマン測定、日本地球惑星科学連合 2011 年大会、2011 年 5 月 25 日、幕張。
 - 寺田早希、Anhydrous phase B ($\text{Mg}_{14}\text{Si}_5\text{O}_{24}$) の高压安定領域と熱力学特性に関する研究、日本地球惑星科学連合 2011 年大会、2011 年 5 月 25 日、幕張。
 - 石井貴之、沈み込んだ大陸地殻物質の 660km 不連続面付近における高压相転移、日本地球惑星科学連合 2011 年大会、2011 年 5 月 23 日、幕張。
 - 石井貴之、Pyrolite と Mg_2SiO_4 のポストスピネル転移:ポストスピネル転移に及ぼす固溶体成分の影響、日本地球惑星科学連合 2011 年大会、2011 年 5 月 23 日幕張。

34. 田中樹恵、X線回折測定による PbNiO_3 の高压相転移のその場観察、日本セラミックス協会 2011 年年会、2011 年 3 月 17 日、浜松。
35. Shirako, Y., Post-perovskite transition in NaNiF_3 . The 2010 Intern. Chem. Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2010), December 16, 2010, Honolulu, Hawaii, USA.
36. Kojitani, H., High-pressure synthesis and structure refinement of post-perovskite type CaRuO_3 and CaRhO_3 . The 2010 Intern. Chem. Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2010), December 16, 2010, Honolulu, Hawaii, USA. (invited paper)
37. 白子雄一、新規 Post-perovskite 化合物 NaNiF_3 の高压合成と相平衡関係、第 51 回高压討論会、2010 年 10 月 22 日、仙台。
38. 寺田早希、高压相 $\text{Mg}_{14}\text{Si}_5\text{O}_{24}$ anhydrous phase B の安定領域の決定、第 51 回高压討論会、2010 年 10 月 22 日、仙台。
39. 糀谷浩、カルシウムフェライト型 NaAlSiO_4 の構造精密化、第 51 回高压討論会、2010 年 10 月 22 日、仙台。
40. 横山つかさ、酸化カロリメトリー法による FeO-SiO_2 系高压相の熱力学データ、第 51 回高压討論会、2010 年 10 月 20 日、仙台。
41. 石井貴之、Pyrolite と Mg_2SiO_4 の post-spinel 転移、第 51 回高压討論会、2010 年 10 月 20 日、仙台。
42. 白子雄一、Pyrite 型構造酸化物 AO_2 ($A = \text{Ru, Rh, Os, Ir, Pt}$) の高压合成、第 51 回高压討論会、2010 年 10 月 20 日、仙台。
43. 赤荻正樹、ステイショバイトの低温熱容量測定と高压安定関係、日本鉱物科学会 2010 年年会、2010 年 9 月 24 日、松江。
44. 糀谷浩、カルシウムフェライト型 CaAl_2O_4 の高压ラマン分光測定、日本鉱物科学会 2010 年年会、2010 年 9 月 24 日、松江。
45. Akaogi, M., High-pressure phase relations in FeCr_2O_4 and in the system $\text{NaAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{11}$ - $\text{CaAl}_4\text{Si}_2\text{O}_{11}$ with implications to post-spinel phase and Na-rich CAS phase in shocked meteorites, 20th General Meet. Intern. Mineral. Association (IMA2010), August 26, 2010, Budapest, Hungary.
46. Terata, S., Stability field and thermodynamic properties of $\text{Mg}_{14}\text{Si}_5\text{O}_{24}$ anhydrous phase B determined by high-pressure experiments and calorimetry, 20th General Meet. Intern. Mineral. Association (IMA2010), August 26, 2010, Budapest, Hungary.
47. Ishii, T., Postspinel transition boundaries in pyrolite and Mg_2SiO_4 : comparison by high-pressure experiments with multicell technique, 20th General Meet. Intern. Mineral. Association (IMA2010), August 26, 2010, Budapest, Hungary.
48. Kojitani, H., Structure refinement of high-pressure K- and Na-hexagonal aluminous phases, 20th General Meet. Intern. Mineral. Association (IMA2010), August 24, 2010, Budapest, Hungary.
49. Akaogi, M., Thermodynamic properties and high-pressure transitions of compounds in the system MgO-SiO_2 , 21st IUPAC Intern. Conf. on Chemical Thermodynamics (ICCT-2010), August 3, 2010, Tsukuba.
50. Saikia, A., A calorimetric study of the $\text{Mg}_3(\text{Mg,Si})\text{Si}_3\text{O}_{12}$ (majorite)- $\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ (pyrope) garnet solid solution, Asia Oceania Geosciences Society, July 7, 2010, Hyderabad, India.
51. 石井貴之、Pyrolite と Mg_2SiO_4 のポストスピネル転移境界の比較：マルチセル法による高压実験、日本地球惑星科学連合 2010 年大会、2010 年 5 月 24 日、幕張。
52. 横山つかさ、Fe(II)を含むケイ酸塩試料の酸化カロリメトリー法の開発、日本地球惑星科学連合 2010 年大会、2010 年 5 月 23 日、幕張。
53. 寺田早希、高温高压実験と熱量測定による $\text{Mg}_{14}\text{Si}_5\text{O}_{24}$ anhydrous phase B の安定領域の決定、日本地球惑星科学連合 2010 年大会、2010 年 5 月 23 日、幕張。
54. 糀谷浩、K-および Na-六方晶相のリートベルト法による構造精密化、日本地球惑星科学連合 2010 年大会、2010 年 5 月 23 日、幕張。
55. 赤荻正樹、 $\text{NaAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{11}$ - $\text{CaAl}_4\text{Si}_2\text{O}_{11}$ 系の高压相関係と衝撃変成を受けた隕石中の Na に富む CAS 相の生成条件、日本地球惑星科学連合 2010 年大会、2010 年 5 月 23 日、幕張。
- [その他]
ホームページ <http://www-cc.gakushuin.ac.jp/~901334/homepage/research.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) 研究分担者

(3) 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