

平成 22 年 6 月 3 日現在

研究種目： 基盤研究(B)
 研究期間： 2007～2009
 課題番号： 19340166
 研究課題名（和文）下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平衡と熱力学的性質
 研究課題名（英文）High-pressure phase equilibria and thermodynamic properties of silicate minerals and related materials in the lower 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

研究成果の概要（和文）：下部マントルの主要構成鉱物であるケイ酸塩ペロブスカイトの熱力学データを測定し、ポストスピネル転移の高圧相平衡境界を精密決定した。また玄武岩質地殻が下部マントルに沈み込むときに生成する、アルミニウム、カルシウム、アルカリ元素に富むカルシウムフェライト相や CAS 相の高圧安定関係を決定した。さらに下部マントル最深部で起こるケイ酸塩ペロブスカイトのポストペロブスカイト転移に関して、同じ転移をより低圧で起こす金属酸化物を探索して見出し、それらの高圧相平衡関係を決定し、熱力学データを測定した。

研究成果の概要（英文）：Thermodynamic properties of silicate perovskite were measured and used to refine the post-spinel phase transition boundary at high pressure. Stability relations of calcium ferrite and CAS phase which contain large amounts of calcium, aluminum and alkali-metal elements were determined at high pressure. The phases occur as high pressure phases of basaltic crust subducted into the lower mantle. Some metal oxides with the perovskite structure were found to show the post-perovskite transition at lower pressure than that of silicate perovskite which occurs at the lowermost mantle. The high-pressure phase relations and thermodynamic properties of the metal oxides were determined.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	8,600,000	2,580,000	11,180,000
2008年度	3,000,000	900,000	3,900,000
2009年度	3,000,000	900,000	3,900,000
年度			
年度			
総計	14,600,000	4,380,000	18,980,000

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：高圧相平衡、熱力学データ、下部マントル、玄武岩質地殻、ペロブスカイト、ポストペロブスカイト、ポストスピネル、カルシウムフェライト

科学研究費補助金研究成果報告書

1. 研究開始当初の背景

マンタルの 660km 不連続面でスラブの沈み込みが部分的に妨げられ、660km 付近に滞留した後、下部マンタル深部へ沈み込んで行くことが地震学的トモグラフィーで明らかにされた。スラブのこの挙動の原因は、660km 不連続面で起こる $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$ スピネルの「ポストスピネル転移」の相境界線の負勾配値によるものであり、それがスラブ沈み込みに抵抗を与えることが大きな原因であるとされている。最近の高圧 X 線回折実験で決められた Mg_2SiO_4 ポストスピネル転移境界の勾配は小さな負の値 ($dP/dT = -1 \sim -0\text{MPa/K}$) である。しかし、マンタル対流シミュレーションによると、このような小さい勾配値では、スラブが 660km 付近に滞留する現象は起こらない。また、地震学的に観測される 660km 不連続面の凸凹を水平方向の温度差で説明しようとする、小さい勾配値では極端に大きな温度差を仮定せざるを得ない。このように、ポストスピネル転移の勾配に関するこれらの矛盾を解決するためには、熱力学データをより高精度に測定し、高圧実験とは独立に、ポストスピネル転移境界線の勾配を再決定することが緊急の課題になって来た。

スラブ上部は玄武岩質海洋地殻で出来ており、パイロライト組成の平均的マンタルとは化学組成が異なっているため、スラブが下部マンタルに沈み込むと化学的不均質を作り出す。玄武岩質海洋地殻は Al、Ca、Na、K に富んでおり、平均的なマンタルとは異なる鉱物が安定相になる。また大陸地殻物質や海洋底堆積物はパイロライト組成よりはるかに Si、Al、Ca、アルカリ元素などに富んでいる。しかし下部マンタルの圧力温度条件下で Al、Ca、アルカリ元素のホスト相になる鉱物の安定関係は十分には分かっておらず、それらの相平衡関係を規定する熱力学的性質はほとんど調べられていなかった。

最近、下部マンタル最下部の D'' 層では、 MgSiO_3 を主成分とするペロブスカイト相が「ポストペロブスカイト転移」を起こすことが明らかにされた。この相転移によって、D'' 層が MgSiO_3 を主成分とするポストペロブスカイト相であることが最有力視されている。しかし、この相転移は 120GPa、2000°C 程度という超高温高温下で起こるため、最新の超高温高温技術を用いても、ポストペロブスカイト転移境界を高精度に決めることは困難である。さらに、ポストペロブスカイト型 MgSiO_3 は減圧中に転移を起こし 1 気圧下に取り出すことが出来ないため、常圧での物性測定が不可能であるだけでなく、大量の試料を必要とする精密なレオロジー測定などは極めて困難である。そのため、 MgSiO_3 の類縁物質として、より低い圧力で同じポストペロブスカイト転移を起こす ABO_3 化合物を探索し、それらの内で 1 気圧に準安定相として取り出せる物質を探し出す必要がある。しかし本

研究を開始した当時、これらの条件を満たす ABO_3 化合物は、 CaIrO_3 だけであった。

2. 研究の目的

マンタル鉱物の詳細な高圧相平衡関係を決定するため、高温高圧実験に熱量測定実験を組合せ、次の研究を行う。

(1) MgSiO_3 ペロブスカイト、イルメナイトなどの低温熱容量を測定し、エントロピーを決定して、高圧実験とは独立に熱力学計算でポストスピネル転移等の相境界線の勾配を精密に決定する。それにより 660km 不連続面の成因を再検討する。

(2) カルシウムフェライト相、CAS 相など、下部マンタルで安定な Na、K、Ca、Al に富む高圧相のエンタルピー、熱容量を測定し、エントロピーを計算し、相平衡関係を計算して、高圧実験の結果と合わせ、相平衡関係を精密化する。これらのデータからマンタル深部での Na、K などのホスト相を解明する。

(3) ポストペロブスカイト転移を起こす ABO_3 化合物を高圧実験で探索し、相関係を決定する。それらの物質の結晶構造を精密解析し、熱力学的性質を測定する。それらの結果に基づき、下部マンタルの D'' 層で起こるポストペロブスカイト転移の特徴を解明する。

3. 研究の方法

マンタル鉱物またはその類縁化合物の高圧相平衡関係を、下部マンタル上部の圧力温度条件までの高温高圧実験により決定する。また合成された高圧相試料の低温熱容量、高温熱容量、転移エンタルピーを熱測定実験で測定し、それらに基づく熱力学計算によって相平衡関係を決定する。また粉末 X 線回折データを用いて、新規高圧相の結晶構造解析および構造精密化を行う。

4. 研究成果

(1) 約 10mg の試料で示差走査熱量計を用い、160K から約 750K まで熱容量を十分な精度で測定する方法を確立した。この技術を用いて、 NaAlSiO_4 カルシウムフェライト型高圧相の熱容量を測定した。そのデータを基にし、格子振動モデルに基づき 0K から 1000K までの熱容量を理論計算し、標準エントロピーを決定した。

(2) 高圧合成した MgSiO_3 イルメナイト、ペロブスカイトの熱容量を、2K から 302K まで熱緩和法によって精密に測定し、標準エントロピーを決定した。これらは下部マンタルで最重要な MgSiO_3 ペロブスカイトの初めての低温熱容量とエントロピーの実測値である。それらに基づき、 MgSiO_3 イルメナイトーペロブスカイト転移と Mg_2SiO_4 ポストスピネル転移の相境界線を高精度に計算し、両者が $-2.5 \sim -3\text{MPa/K}$ の勾配を持つことを示した。この勾配は最近の高圧そ

の場観察実験によるポストスピネル転移の勾配より大きく、観測される 660km 不連続面の凸凹

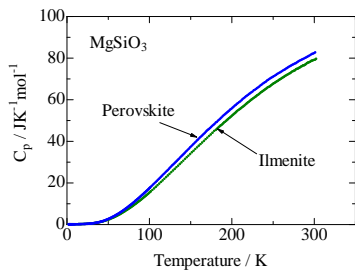


図 1. MgSiO₃ ペロブスカイトとイルメナイトの低温熱容量

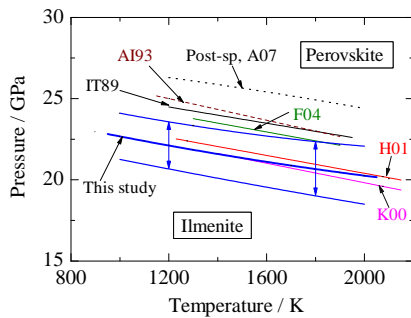


図 2. MgSiO₃ イルメナイトーペロブスカイト転移の境界線

がポストスピネル転移の深さの温度による変化で十分説明可能であることを示す。

(3) MgAl₂O₄ スピネルの高圧相平衡実験を行い、約 20GPa、2000°C 以上でこの系に Mg₂Al₂O₅ 組成の新規高圧相を発見し、構造解析によって ludwigite に関連する新構造であることを明らかにした。さらに MgAl₂O₄ の高圧相関係を 27GPa、2500°C まで詳細に調べ、新高圧相 Mg₂Al₂O₅ を含む相関係を確立した。この結果、MgAl₂O₄ スピネルは 20GPa 付近で MgO+Al₂O₃ に分解するが、2000°C 以上では Mg₂Al₂O₅+Al₂O₃ に分解することが示された。また約 26GPa 以上で、約 2100°C 以下では MgAl₂O₄ カルシウムフェライトに転移するが、約 2100°C 以上では MgAl₂O₄ 未知相になることを明らかにした。

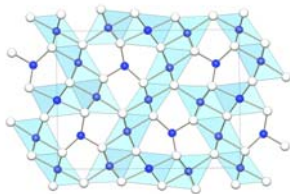


図 3. 新高圧相 Mg₂Al₂O₅ の構造

(4) CaAl₄Si₂O₁₁ (CAS 相) の 23GPa、1600°C

までの高圧相平衡実験を行い、CAS 相の安定領域を確定した。また熱量測定よりこの相の高圧安定限界を計算した。この結果は、スラブの沈み込みに伴って一部の大陸地殻物質がマントル深部に沈み込む時、遷移層と下部マントル最上部で CAS 相が安定に存在することを示す。また CaAl₄Si₂O₁₁-NaAl₃Si₃O₁₁ 系の高圧相平衡実験を 23GPa、1900°C まで行い、CAS 相への NaAl₃Si₃O₁₁ 成分の固溶量は 1600°C では約 50%であり、それが温度とともに急速に増加することを明示した。この結果を用い、衝撃変成を受けた隕石中に最近発見された Na に富む CAS 固溶体の形成温度圧力を推定した。

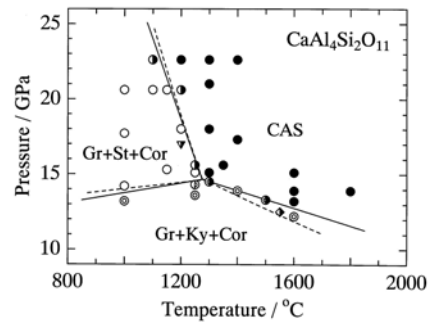


図 4. CaAl₄Si₂O₁₁ の高圧相関係

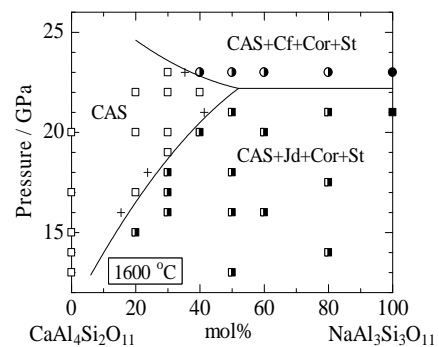


図 5. CaAl₄Si₂O₁₁-NaAl₃Si₃O₁₁ 系の高圧相関係

(5) ポストペロブスカイト転移の探索のために、各種の A²⁺B⁴⁺O₃ ペロブスカイトの高圧相転移を 28GPa、1800°C までの圧力温度で調べた。その内、CaRuO₃ がポストペロブスカイトへ転移し、CaRhO₃ ペロブスカイトが中間相を経てポストペロブスカイト相に転移することを見出し、それらの高圧相平衡関係を決定し、各ポストペロブスカイト相の構造解析を行った。下部マントル最下部の D'' 層を構成する MgSiO₃ ポストペロブスカイト相は常圧に回収できないが、CaRuO₃ と CaRhO₃ のポストペロブスカイト相は常圧に回収できるので、これらは MgSiO₃ ポストペロブスカイト相のモデル物質として重

要である。CaRuO₃とCaRhO₃のポストペロブスカイト転移境界はどちらも大きな正勾配であり、この結果はMgSiO₃のポストペロブスカイト転移境界の大きな正勾配と調和的である。

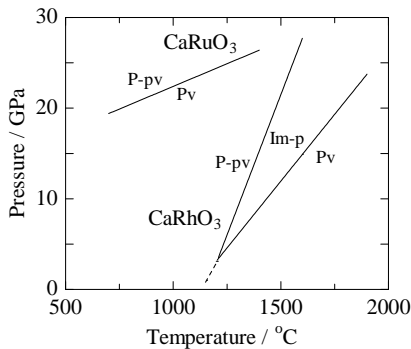


図6. CaRuO₃とCaRhO₃の高圧相転移境界線

以上の研究成果は、下記のように、各種の国内学会、国際会議等で発表された。その中には、研究代表者の招待講演（学会発表の25と41）、連携研究者の招待講演（同31）も含まれる。また、これらの研究成果は、次の項に示すように、Am. Mineral., Phys. Chem. Mineral., Earth Planet. Sci. Lett.等の地球惑星科学分野の主要国際学術雑誌に論文として出版された。また地球深部科学に限らず、隕石研究者からも幅広い関心を寄せられた。さらにポストペロブスカイトに関しては物性科学研究者の強い興味を引き、共同研究の成果が論文（雑誌論文中の9）として出版された。

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）

1. Kojitani, H., Enomoto, A., Tsukamoto, S., Akaogi, M., Miura, H., Yusa, H., High- pressure high temperature phase relations in MgAl₂O₄, J. Phys: Conf. Ser., 2010, doi:10. 1088/1742-6596/215/1/012098. (査読有)
2. Akaogi, M., Shirako, Y., Kojitani, H., Takamori, S., Yamaura, K., Takayama- Muromachi, E., Post-perovskite transitions in CaB⁴⁺O₃ at high pressure, J. Phys: Conf. Ser., 2010, doi:10.1088/1742-6596/215/1/012095. (査読有)
3. 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 CaRuO₃ with post-perovskite structure, J. Phys: Conf. Ser., 2010, doi:10.1088/1742- 6596/215/1/012038. (査読有)
4. Akaogi, M., Haraguchi, M., Nakanishi, K., Ajiro, H., Kojitani, H., High-pressure phase relations in the system CaAl₄Si₂O₁₁-NaAl₃Si₃O₁₁ with implication for Na-rich CAS phase in shocked Martian meteorites, Earth Planet. Sci. Lett., **289**, 503-508, 2010. (査読有)
5. Shirako, Y., Kojitani, H., Akaogi, M., Yamaura, K., Takayama- Muromachi, E., High- pressure phase transitions of CaRhO₃ perovskite, Phys. Chem. Minerals, **36**, 455-462, 2009. (査読有)
6. Ono, A., Akaogi, M., Kojitani, H., Yamashita, K. and Kobayashi, M., High- pressure phase relations and thermodynamic properties of hexagonal aluminous phase and calcium-ferrite phase in the systems NaAlSiO₄-MgAl₂O₄ and CaAl₂O₄-MgAl₂O₄, Phys. Earth Planet. Inter., **174**, 39-49, 2009. (査読有)
7. Kojitani, H., Wakabayashi, Y., Tejima, Y., Kato, C., Haraguchi, M., Akaogi, M., High- pressure phase relations in Ca₂AlSiO_{5.5} and energetics of perovskite-related materials with oxygen defects in the Ca₂Si₂O₆-Ca₂Al₂O₅ join, Phys. Earth Planet. Inter., **173**, 349-353, 2009. (査読有)
8. Oka, K., Azuma, M., Hirai, S., Belik, A.A., Kojitani, H., Akaogi, M., Takano, M., Shimakawa, Y., Pressure-induced transformation of 6H hexagonal to 3C perovskite structure in PbMnO₃, Inorg. Chem., **48**, 2285-2288, 2009. (査読有)
9. Yamaura, K., Shirako, Y., Kojitani, H., Arai, M., Young, D.P., Akaogi, M., Nakashima, M., Katsumata, T., Inaguma, Y., Takayama- Muromachi, E., Synthesis and magnetic and charge transport properties of the correlated 4d post-perovskite CaRhO₃, J. Am., Chem. Soc., **131**, 2722-2726, 2009. (査読有)
10. Enomoto, A., Kojitani, H., Akaogi, M., Miura, H., Yusa, H., High- pressure transitions in MgAl₂O₄ and a new high- pressure phase of Mg₂Al₂O₅, J. Solid State Chem., **182**, 389-395, 2009. (査読有)
11. Akaogi, M., M. Haraguchi, M. Yaguchi and H. Kojitani, High- pressure phase relations and thermodynamic properties of CaAl₄Si₂O₁₁ CAS phase, Phys. Earth Planet. Inter., **173**, 1-6, 2009. (査読有)
12. Bobrov, A.V., Kojitani, H., Akaogi, M., Litvin, Y.A., The system diopside-jadeite-hedenbergite at 7-24 GPa, Geochim. Cosmochim. Acta, **72**, 2392-2408, 2008. (査読有)
13. Akaogi, M., H. Kojitani, T. Morita, H. Kawaji, T. Atake, Low-temperature heat capacities, entropies and high- pressure phase relations of MgSiO₃ ilmenite and perovskite, Phys. Chem. Minerals, **35**, 287-297, 2008. (査読有)

14. Kojitani, H., Shirako, Y. and Akaogi, M., Post-perovskite phase transition in CaRuO_3 , Phys. Earth Planet. Inter., **165**, 127-134, 2007. (査読有)
 15. Kojitani, H., Hisatomi, R. and Akaogi, M., High-pressure phase relations and crystal chemistry of calcium ferrite-type solid solutions in the system MgAl_2O_4 - Mg_2SiO_4 , Am. Mineral., **92**, 1112-1118, 2007. (査読有)
 16. Kojitani, H., Katsura, T. and Akaogi, M., Aluminum substitution mechanisms in perovskite-type MgSiO_3 : An investigation by Rietveld analysis, Phys. Chem. Minerals, **34**, 257-267, 2007. (査読有)
 17. Akaogi, M., Takayama, H., Kojitani, H., Kawaji, H. and Atake, T., Low-temperature heat capacities, entropies and enthalpies of Mg_2SiO_4 polymorphs, and α - β - γ and postspinel phase relations at high pressure, Phys. Chem. Minerals, **34**, 169-183, 2007. (査読有)
 18. Akaogi, M., Phase transitions of minerals in the transition zone and upper part of the lower mantle, In: (E. Ohtani, Ed.) Geol. Soc. Amer. Spec. Pap. 421, Advances in High-Pressure Mineralogy, 1-13, 2007. (査読有)
 19. Kojitani, H., Furukawa, A. and Akaogi, M., Thermochemistry and high-pressure equilibria of post-perovskite phase transition in CaIrO_3 , Am. Mineral., **92**, 229-232, 2007. (査読有)
- [学会発表] (計 41 件)
1. Akaogi, M., High-pressure post-perovskite transitions of CaMO_3 , 13th Inter. IUPAC Conf. High Temp. Mater. Chem., HTMC- XIII, Davis, California, Sept. 17, 2009.
 2. 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、日本鉱物科学会 2009 年年会、2009 年 9 月 9 日、札幌。
 3. 糀谷浩、カルシウムフェライト型 NaAlSiO_4 の熱容量測定および Kieffer モデル計算によるエントロピーの推定、日本鉱物科学会 2009 年年会、2009 年 9 月 8 日、札幌。
 4. Oka, K., Magnetic ground state of PbVO_3 and origin of the large tetragonal distortion, Inter. Conf. High Press. Sci. Tech., Joint AIRAPT-22 & HPCJ-50, July 31, 2009, Tokyo.
 5. Shirako, Y., Magnetic properties of CaRuO_3 high-pressure phase with post-perovskite structure, Inter. Conf. High Press. Sci. Tech., Joint AIRAPT-22 & HPCJ-50, July 29, 2009, Tokyo.
 6. Kojitani, H., High-pressure high-temperature phase relations in MgAl_2O_4 , Inter. Conf. High Press. Sci. Tech., Joint AIRAPT-22 & HPCJ-50, July 28, 2009, Tokyo.
 7. Akaogi, M., Post-perovskite transitions in $\text{CaB}^{4+}\text{O}_3$ at high pressure, Inter. Conf. High Press. Sci. Tech., Joint AIRAPT-22 & HPCJ-50, July 28, 2009, Tokyo.
 8. 寺田早希、 $\text{Mg}_{14}\text{Si}_5\text{O}_{24}$ anhydrous phase B の熱量測定とその安定領域、日本地球惑星科学連合 2009 年大会、2009 年 5 月 16 日、幕張。
 9. 白子雄一、 $\text{CaB}^{4+}\text{O}_3$ のポストペロブスカイト転移、日本地球惑星科学連合 2009 年大会、2009 年 5 月 16 日、幕張。
 10. 糀谷浩、カルシウムフェライト型 NaAlSiO_4 の定圧熱容量測定とラマンおよび赤外分光、日本地球惑星科学連合 2009 年大会、2009 年 5 月 16 日、幕張。
 11. Yamaura, K., Post-perovskite transition and magnetic and charge transport properties of the correlated $4d$ post-perovskite CaRhO_3 , Am. Phys. Society March Meeting, March 16, 2009, Pittsburgh, U.S.A.
 12. Kojitani, H., A new high-pressure phase with $\text{Mg}_2\text{Al}_2\text{O}_5$ composition, Am. Geophys. Union 2008 Fall meeting, Dec. 19, 2008, San Francisco, U.S.A.
 13. Kuribayashi, T., High-pressure single-crystal X-ray diffraction study on super-fluorine phase B up to 7.4 GPa, Am. Geophys. Union 2008 Fall Meeting, Dec. 19, 2008, San Francisco, U.S.A.
 14. Kojitani, H., Stability of high-pressure materials by thermodynamic approach, Ehime Univ. Global COE symposium, Nov. 24, 2008, Matsuyama.
 15. 糀谷浩、 $\text{Mg}_2\text{Al}_2\text{O}_5$ 組成を持つ新高圧相の結晶構造、第 49 回高压討論会、2008 年 11 月 14 日、姫路。
 16. 白子雄一、 CaRhO_3 の高压相転移、第 49 回高压討論会、2008 年 11 月 13 日、姫路。
 17. 赤荻正樹、 MgAl_2O_4 - NaAlSiO_4 系の高压相平衡：カルシウムフェライト相と六方晶相の関係、第 49 回高压討論会、2008 年 11 月 13 日、姫路。
 18. 原口摩衣子、 $\text{CaAl}_4\text{SiO}_{11}$ - $\text{NaAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{11}$ 系 CAS 固溶体の高温高压実験及び熱量測定、第 49 回高压討論会、2008 年 11 月 12 日、姫路。
 19. 糀谷浩、 CaRhO_3 ポストペロブスカイトおよびペロブスカイトのリートベルト法による構造精密化、第 49 回高压討論会、2008 年 11 月 12 日、姫路。
 20. 塚本翔一、Na, Mg を含むカルシウムフェライト型及びガーネット型ケイ酸塩高压相、第 49 回高压討論会、2008 年 11 月 12 日、姫路。
 21. Saikia, A., A calorimetric study of the $\text{Mg}_3(\text{Mg},\text{Si})\text{Si}_3\text{O}_{12}$ (majorite)- $\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ (pyrope) garnet solid solution, 12th Intern. Conf.

- Exp. Min. Petrol. Geochem. (EMPG-XII), Sept., 2008, Innsbruck, Austria.
22. 糀谷浩、新 $Mg_2Al_2O_5$ 高压相の結晶構造モデル、日本鉱物科学会 2008 年年会、2008 年 9 月 22 日、秋田。
 23. 赤荻正樹、 $CaO-Al_2O_3-SiO_2$ 系CAS相の高压安定領域、日本鉱物科学会 2008 年年会、2008 年 9 月 20 日、秋田。
 24. 白子雄一、ロジウム酸化物 $CaRhO_3$ のポストペロブスカイト相転移、日本物理学会 2008 年秋季大会、2008 年 9 月 20 日、盛岡。
 25. Akaogi, M., High-pressure transitions of AB_2O_4 and ABO_3 : Post-spinel and post-perovskite phases, Workshop on thermodynamics of nanostructured materials and materials under and exotic and unusual conditions, August 11, 2008, Tokyo.
 26. Akaogi, M., High- pressure phase relations of Ca,Na- aluminosilicate, CAS phase, with implication to shocked Martian meteorites, 71st Annual Meeting of the Meteoritical Society, July 31, 2008, Matsue.
 27. 糀谷浩、リートベルト解析による $CaRuO_3$ ポストペロブスカイトの構造精密化、日本地球惑星科学連合 2008 年大会、2008 年 5 月 25 日、幕張。
 28. 榎本彰人、 $MgAl_2O_4$ の高压相転移、日本地球惑星科学連合 2008 年大会、2008 年 5 月 25 日、幕張。
 29. Oka, K., Magnetic ground state of $PbVO_3$ and origin the large tetragonal distortion, 2008 Am. Phys. Society March Meeting, March 13, 2008, New Orleans, U.S.A.
 30. Yamaura, K., Post-perovskite transition and magnetic and charge transport properties of the correlated $4d$ post-perovskite $CaRhO_3$, 2008 Am. Phys. Society March Meeting, March, 2008, New Orleans, U.S.A.
 31. 糀谷浩、 $CaIrO_3$ 、 $CaRuO_3$ のポストペロブスカイト相転移、日本応用磁気学会第 27 回化合物新磁性材料研究会、2007 年 12 月 12 日、和光市。
 32. 白子雄一、 $CaRuO_3$ の Post-perovskite 転移、第 48 回高压討論会、2007 年 11 月 22 日、倉吉。
 33. 糀谷浩、 $CaRuO_3$ ペロブスカイトおよびポストペロブスカイトの構造精密化、第 48 回高压討論会、2007 年 11 月 22 日、倉吉。
 34. 赤荻正樹、 $MgSiO_3$ ペロブスカイト、イルメナイトの低温熱容量・エントロピーとペロブスカイトの関与する高温高压相平衡関係、第 48 回高压討論会、2007 年 11 月 22 日、倉吉。
 35. 栗林貴弘、単結晶法による 7.6GPa までの高压下における superhydrous phase B の圧縮挙動の解析、第 48 回高压討論会、2007 年 11 月 21 日、倉吉。
 36. 榎本彰人、 $MgAl_2O_4$ の高温高压相転移、第 48 回高压討論会、2007 年 11 月 20 日、倉吉。
 37. 原口摩衣子、高温高压実験及び熱量測定による $CaAl_4Si_2O_{11}$ の高压相平衡関係、第 48 回高压討論会、2007 年 11 月 20 日、倉吉。
 38. 赤荻正樹、 $MgSiO_3$ イルメナイト、ペロブスカイトの低温熱容量・エントロピーと高压相平衡関係、日本鉱物科学会 2007 年度年会、2007 年 9 月 24 日、東京。
 39. 糀谷浩、 $Ca_2AlSiO_{5.5}$ 組成を持つ新高压相の結晶構造モデル、日本鉱物科学会 2007 年度年会、2007 年 9 月 23 日、東京。
 40. 糀谷浩、 $CaSiO_3$ - $CaAlO_{2.5}$ 系における高压相関係および酸素欠陥を伴うペロブスカイト関連化合物の熱量測定、日本地球惑星科学連合 2007 年大会、2007 年 5 月 20 日、幕張。
 41. Akaogi, M., High-pressure phase relations and thermodynamic properties of Al-rich phases stable in the deep mantle conditions, High-Pressure Mineral Physics Seminar-7, Matsushima, May 11, 2007.
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