

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5月16日現在

機関番号：82108
 研究種目：基盤研究（A）
 研究期間：2010～2012
 課題番号：22246083
 研究課題名（和文）機能性遷移金属酸化物の探索と開発
 研究課題名（英文）Materials research and development for functional transition metal oxides
 研究代表者
 BELIK Alexei (BELIK ALEXEI)
 独立行政法人物質・材料研究機構・国際ナノアーキテクトゥクス研究拠点・MANA 独立研究者
 研究者番号：20421430

研究成果の概要（和文）：本課題の研究目的は、遷移金属酸化物を主な対象として、①超常環境下における物質探索、②構造、物性評価と新現象の探索、の2つを実施して、新規物質や新現象・新機能の探索・開発を行うことであった。その結果、10個以上の新規遷移金属酸化物の開発に成功し、それらの特異な特性を明らかにした。一部は新規材料シーズとして有用と思われる。

研究成果の概要（英文）：We have conducted new materials research under high-pressure and high-temperature conditions for various transition metal oxide to develop materials properties toward possible applications as well as greater understanding for solid state science. The aim was achieved in part by successful synthesis of new materials, more than 10, and by identifying those crystal structures and magnetic and electrical properties. Some of them are likely applicable for practical uses.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	15,200,000	4,560,000	19,760,000
2011年度	17,700,000	5,310,000	23,010,000
2012年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
年度			
年度			
総計	36,900,000	11,070,000	47,970,000

研究分野：無機材料・物性

科研費の分科・細目：力学・電子・電磁・光・熱物性

キーワード：コバルト酸化物、パイロクロア型酸化物、強誘電転移、高圧合成

1. 研究開始当初の背景

遷移金属酸化物の合成で一番簡単なものは空気中における固相合成である。この場合、制御可能なパラメーターは出発物質の組成と合成温度だけである。これは、他の二つの重要なパラメーター、気相の酸素分圧と圧力を一定としているからである。遷移金属は様々な価数を取る場合が多く、酸素分圧を広範囲に制御することができれば大きな自由度を手に入れることができる。一方、自由エ

ネルギーの中に、PdV 項として入っている圧力を自由にコントロールすることができるなら、合成できる物質のバラエティーは一挙に拡大すると思われた。

通常の固相合成法ではできない物質を得る方法にはもう一種類ある。自由エネルギーの高い始源系を選び、それが熱力学的安定相に変化していく途中の非平衡相（準安定相）を捕まえる方法である。その代表例がソフト化学合成である。ソフト化学は固相を対象と

した、イオンの挿入・脱離（化学的酸化・還元）、イオン交換、電気化学的酸化・還元など、室温付近の穏和な条件下における合成プロセスの総称である。二種類の手法は対極に位置し、互いに相補的な役割を担っている。この二つと通常の常圧合成法を適宜選択したり組み合わせたりすることで、探索可能な世界は大きく広がる。事実、我々のグループではこの3種類の手法がごく自然に共存しており、本提案もこうした強力な合成技術に基盤に置いた。

(1) 高压・高酸素圧環境を活用した物質探索

機能や物性発現の舞台としての結晶構造を考えてみると、興味ある物性が知られている代表的な構造として、岩塩型 (AX)、スピネル型 (ABX₄)、ペロブスカイト方 (ABX₃)、コランダム型 (A₂X₃)、ルチル型 (AX₂)、K₂NiF₄ 型などの例をあげることができる。最後の一例を除いてこれらは全て陰イオン (X) の最密充填を基本とする構造である。つまり、高压で安定化する高密度構造に他ならない。K₂NiF₄ 型は最密充填ではないが、やはり高压安定高密度構造である。一般的に言えることとして、高密度構造においては、電子軌道の重なりは大きくなり、電子間の相関がより顕著な形できいてくる。これが物質の伝導性や磁性に何らかの効果を及ぼすことは想像に難くない。提案らの経験からも、高压下で作成された物質の方が常圧下で作られたものより、面白い物性を示傾向が強い。これは上記のような事情に起因していると思われる。

我々は新物質、新機能発掘研究に対する高压・高ガス圧合成手法の有用性にいち早く注目し、物質・材料研究機構の有する世界有数の高压装置群を活用して、100 K を超えるような高い T_c を有する銅酸化物超伝導体の半数以上を発見するなどの実績を残してきた。さらに超伝導体に止まらず、磁性体、誘電体などについても高压環境の有用性を実証してきた。例えば、最近、強誘電性と強磁性や強弾性などの強秩序特性を併せ持つマルチフェロイック物質が、基礎研究のみならず、応用面からも注目された。しかしながら、そのような物性を示す化合物の数は極めて限られており、その状況を打破するために、我々は高压合成装置を用いてマルチフェロイック物質の探索を包めた。

この分野での、我々の最近の研究成果として、室温に近い温度における新たな高压安定マルチフェロイック物質、In_{1-x}M_xMO₃ (M=Fe0.5Mn0.5) の発見があげられる。Angewandte Chemmie 誌に掲載された当該論文 [A.A. Belik et al., Angew. Chem. Int. Ed. 2009, 48, 6117–6120] は、Nature Chemistry で研究ハイライトとして紹介されるなど、マ

ルチフェロイック物質をめぐるホットな話題として注目を集めた。高压合成は、物質・材料に関する深い理解に加えて、洗練された装置と膨大なテクニカルノーハウの蓄積なくしては実施が困難であり、これらのすべてにおいて我々は世界のトップクラスに位置していると自負している。

(2) ソフト化学法（化学場）を活用した物質探索

2003 年に我々は、超伝導を示す水和コバルト酸化物を発見した。この超伝導体、Na_xCoO₂·yH₂O は、CoO₂ 層から成るナトリウムコバルト酸化物に水分子を導入した物質で、コバルト酸化物系で初めての超伝導体であるが、その合成にはソフト化学法の適用が不可欠である。この新しい超伝導体の超伝導転移温度 (T_c) 4.6 K は、高温超伝導体とは比べるべくもない。しかし、この物質は物理学者にとっても化学者にとっても興味深い振る舞い示し、我々の論文 [K. Takada et al. Nature 422, 53 (2003)] はすでに 900 回を超える引用回数を数えている。さらに本物質系における研究の進展が、いまだに謎に包まれている銅酸化物系の高温超伝導機構の解明に役立つのではないかと強い期待が寄せられていた。

本提案においてもこの経験を生かして、イオンの挿入・脱離（化学的酸化・還元）、イオン交換などを中心にして非平衡の新規物質の創製を行う。例えば、K を含む酸化物は存在するが、Na の置換体は存在しないというようなことはしばしば起こりえるが、ソフト化学を用いれば K を Na で置換することは一般論としては容易である。

(3) 常圧合成、高压合成、ソフト化学合成の組み合わせによる物質創製

常圧合成、高压合成、ソフト化学合成は目的に応じて選択される。このことで合成手法の選択肢が多いという利点を享受できる。しかし、本提案においては、常圧固相合成を含む三者を意図して様々な形に組み合わせ、合成をより高度に設計することを目指した。例えば、常圧下で得た物質を高压処理して高压安定な母物質を作成し、さらにこれに対してソフト化学を適用して化学的修飾・改質を行って、望みの物性を得るといったような展開を目指した。これが実現すれば、非常に大きな展開が期待できた。

2. 研究の目的

物質・材料科学の歴史の中で、新しい物質の発見によってブレークスルー的な大展開がなされた例は多い。その筆頭は高温超伝導体であり、その他にも、フラーレン、巨大磁気抵抗物質、MgB₂ 超伝導体、鉄砒素系超伝導体など、枚挙に暇が無い。本提案の目的は、遷移金属酸化物系を主要な対象とし、①超常環境下における物質探索、②構造、物性評価

と新現象の探索、の2つを実施して、新規物質や新現象・新機能の探索・開発を行うことであった。特に、超高圧、超高ガス圧、ソフト化学（化学場）等を用いたユニークな物質合成手法を活用して、新たな機能性物質の探索と開発を行った。これにより超伝導、巨大熱電能等の特異な伝導性、特異な磁性や誘電性、マルチフェロイック特性等を有する新規物質の発見と開発を目指した。

3. 研究の方法

高圧合成法、ソフト化学合成法等を活用して、新規遷移金属酸化物の探索を組織的、系統的に行った。これにより得られた新規物質の構造をX線、中性子線回折等により解明した。また電気伝導性、磁性、誘電性、熱的特性等種々の物性を評価した。特徴ある物性を示す物質についてはバンド計算を行って、電子構造を明らかにした。これらの結果を再度合成にフィードバックすることで、より高機能の物質開発への展開を図った。

具体的には、銅、コバルト、マンガン、バナジウム酸化物等を対象として探索、キャラクターゼーション、評価研究を進めたことで、超伝導、ハーフメタル、磁性、強誘電性、マルチフェロイック特性など、新奇な物性の発見を目指した。

4. 研究成果

(1) H22年度

①低次元コバルト酸化物の構造と磁性に関する研究を行った。 $\text{Sr}_{27}\text{CoO}_3$ ($\gamma=1.261$)は CoO_6 八面体・プリズムの面共有一次元鎖を含む結晶構造を有する。 γ の値や化学量論比が異なる幾つかの相が存在すると考えられ、種々の磁性が報告されているが、構造の複雑さ故に、これまで、構造と磁性に関して首尾一貫した解釈が与えられていなかった。今回、中性子回折データを用いた変調構造解析によって精密な結合長を求め、それを基に、磁化率の解析を行った。特に、この物質の様々な磁性は、非磁性 Co^{3+} の量に強く依存することが分かった。②パイロクロア型の $\text{Cd}_2\text{Re}_2\text{O}_7$ は $T_c=1$ Kの超伝導体であるが、200 Kと120 Kにおいて奇妙な構造相転移を示すことが報告されている。近年、これらは金属における特異な強誘電転移であると報告されたが、研究を進めるためには良質な結晶を育成する必要がある。そこで、本研究では気相輸送法により非常に良質な単結晶を育成し、比熱、熱膨張率、および熱伝導率の精密な測定を行った。特に、パイロクロア型の強誘電体である $\text{Cd}_2\text{Nb}_2\text{O}_7$ と詳細な比較を行い、これらの物質の構造相転移には多くの共通点があることを明らかにした。③カルシウムフェライト型構造となる AM_2O_4 ($A = \text{Ca, Na; M} = \text{V, Cr, Fe}$)を中心に研究を行った。 $M = \text{V}$ ではミューオンスピン回転の詳細な解析により $A = \text{Na}$ において格子に不整合

なヘリカル反強磁性状態が実現していることを明らかにした。 $M = \text{Cr, Fe}$ に対しては、 NaM_2O_4 を高圧下で発見した。新物質である。既知物質である $A = \text{Ca}$ との固溶系を合成し、磁性、電気抵抗、比熱、誘電性などを調べた。

(2) H23年度

①新規スピン・軌道モット絶縁体 Ba_2IrO_4 を合成発見し、その磁気状態が銅酸化物超伝導体母物質に似ていることを明らかにした。②新規スピン・軌道モット絶縁体 Ba_2IrO_4 の金属化に成功し、臨界特性と非フェルミ液体電子散乱機構の存在を明らかにした。③軌道自由度のない三角格子反強磁性体 Ag_2CrO_2 を合成発見し、RKKY相互作用に関連したスピン秩序化と遍歴電子の急激な電気抵抗減少を見いだした。④カルシウムフェライト構造をもつ NaCr_2O_4 を発見し、それが非従来型の巨大磁気抵抗効果を示すことを明らかにした。同型構造の $\text{Ca}_{1-x}\text{Na}_x\text{V}_2\text{O}_4$ において光学伝導度の測定等によって、 x が約0.3から0.78の範囲で、温度による金属絶縁体転移が起こることを明らかにした。⑤スピネル型強磁性体 CdCr_2Se_4 と CdCr_2S_4 の良質な単結晶を育成することに成功した。これらの比熱と熱膨張を測定し、 CdCr_2S_4 においては強磁性転移温度以下で負の膨張係数と比熱の異常な温度ベキ依存性を示すことを明らかにした。また、スピネル型超伝導体 CuRh_2S_4 ($T_c=4.7\text{K}$)と CuRh_2Se_4 ($T_c=3.4\text{K}$)について比熱測定を行い、この系の超伝導は典型的な弱結合BCS型であることを確認した。⑥これらの新規合成物質の電子構造を第一原理計算に基づいて解析した。実験結果と比較することによって、その電子構造を明らかにした。⑦新規銅酸化物高温超伝導体の合成を最終目的とする高圧下物質探索実験を実施した。主に臭素を含むn型超伝導体および関連物質の合成に成功した。

(3) H24年度

①カゴメ格子反強磁性体Volborthite ($\text{Cu}_3\text{V}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)の単結晶育成に成功し、新しい物理現象「軌道スイッチング」を発見した。②Vesignieite ($\text{BaCu}_3\text{V}_2\text{O}_8(\text{OH})_2$)の新しい相(多形)の単結晶を合成発見し、構造歪みのない完全カゴメ格子を有することを見いだした。③新規三角格子反強磁性体 Ag_2CrO_2 ($S=3/2$)の磁気構造を中性子回折により決定した。④前年度発見した NaCr_2O_4 の新規巨大磁気抵抗効果について調べた。磁気相図、 ^{53}Cr 核NMR測定などによりスピンフラストレーションと高酸化数状態の Cr^{4+} によってもたらされる酸素上のホールが巨大磁気抵抗効果発現の鍵になっていることを見いだした。⑤ペロブスカイト型オスミウム酸化物を中性子線回折法とX線共鳴磁気散乱法によって解析し、金属絶縁体転移と磁気秩序の発達の強い相関を明らかにした。この

新物質がスレーター転移の最も優れたモデル物質であることを示した。⑥新物質 ScCrO_3 と InCrO_3 の合成に成功し、それらの結晶構造と電磁気性質を明らかにした。⑦新物質 BiPd_2O_4 と PbPd_2O_4 の合成に成功し、それらの結晶構造と電磁気性質を明らかにした。⑧ CdRh_2O_4 の新規高圧相の合成に成功し、その結晶構造と物性の変化を明らかにした。⑨これらの新規合成物質の電子構造を第一原理計算に基づいて解析した。実験結果と比較することによって、その電子構造を明らかにした。

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 49 件)

- [1] Y. Sun, Y. F. Guo, Y. Tsujimoto, J. J. Yang, B. Shen, W. Yi, Y. Matsushita, C. Wang, X. Wang, J. Li, C. I. Sathish, and K. Yamaura, Carbon-Induced Ferromagnetism in the Antiferromagnetic Metallic Host Material Mn_3ZnN , *Inorganic Chemistry* 52, 800-806 (2013).doi: 10.1021/ic3019265, 査読有
- [2] A. A. Belik, Origin of Magnetization Reversal and Exchange Bias Phenomena in Solid Solutions of BiFeO_3 - BiMnO_3 : Intrinsic or Extrinsic?, *Inorganic Chemistry* 52, 2015-2021 (2013).doi: 10.1021/ic302384j, 査読有
- [3] W. Yi, Y. Matsushita, M. Tanaka, and A. A. Belik, High-Pressure Synthesis, Crystal Structure, and Properties of BiPd_2O_4 with Pd^{2+} and Pd^{4+} Ordering and PbPd_2O_4 , *Inorganic Chemistry* 51, 7650-7656 (2012).doi: 10.1021/ic3006579, 査読有
- [4] X. Wang, Y. F. Guo, Y. G. Shi, A. A. Belik, Y. Tsujimoto, W. Yi, Y. Sun, Y. Shirako, M. Arai, M. Akaogi, Y. Matsushita, and K. Yamaura, High-Pressure Synthesis, Crystal Structure, and Electromagnetic Properties of CdRh_2O_4 : an Analogous Oxide of the Postspinel Mineral $\text{M}_9\text{Al}_2\text{O}_4$, *Inorganic Chemistry* 51, 6868-6875 (2012).doi: 10.1021/ic300628m, 査読有
- [5] Y. S. Sun, Y. F. Guo, X. X. Wang, Y. Tsujimoto, Y. Matsushita, Y. G. Shi, C. Wang, A. A. Belik, and K. Yamaura, Resistive switching phenomenon driven by antiferromagnetic phase separation in an antiperovskite nitride Mn_3ZnN , *Applied Physics Letters* 100 161907 (2012).doi: 10.1063/1.4704664, 査読有
- [6] Y. Sun, C. Wang, Q. Z. Huang, Y. F. Guo, L. H. Chu, M. Arai, and K. Yamaura, Neutron Diffraction Study of Unusual Phase Separation in the Antiperovskite Nitride Mn_3ZnN , *Inorganic Chemistry* 51, 7232-7236 (2012).doi: 10.1021/ic300978x, 査読有
- [7] J. Li, Y. F. Guo, S. B. Zhang, J. Yuan, Y. Tsujimoto, X. Wang, C. I. Sathish, Y. Sun, S. Yu, W. Yi, K. Yamaura, E. Takayama-Muromachi, Y. Shirako, M. Akaogi, and H. Kontani, Superconductivity suppression of $\text{Ba}(\text{O.5})\text{K}(\text{O.5})\text{Fe}_2\text{-}2\text{xM}_2\text{xAs}(\text{2})$ single crystals by substitution of transition metal (M = Mn, Ru, Co, Ni, Cu, and Zn), *Physical Review B* 85 214509 (2012).doi: 10.1103/PhysRevB.85.214509, 査読有
- [8] Y. Kumagai, A. A. Belik, M. Lilienblum, N. Leo, M. Fiebig, and N. A. Spaldin, Observation of persistent centrosymmetry in the hexagonal manganite family, *Physical Review B* 85 174422 (2012).doi: 10.1103/PhysRevB.85.174422, 査読有
- [9] Y. F. Guo, X. Wang, J. Li, Y. Sun, Y. Tsujimoto, A. A. Belik, Y. Matsushita, K. Yamaura, and E. Takayama-Muromachi, Continuous critical temperature enhancement with gradual hydrogen doping in $\text{LaFeAsO}_{0.85}\text{H}_x$ ($x=0-0.85$), *Physical Review B* 86 054523 (2012).doi: 10.1103/PhysRevB.86.054523, 査読有
- [10] S. Calder, M. D. Lumsden, V. O. Garlea, J. W. Kim, Y. G. Shi, H. L. Feng, K. Yamaura, and A. D. Christianson, Magnetic structure determination of $\text{Ca}_3\text{LiOsO}_6$ using neutron and x-ray scattering, *Physical Review B* 86 054403 (2012).doi: 10.1103/PhysRevB.86.054403, 査読有
- [11] S. Calder, V. O. Garlea, D. F. McMorrow, M. D. Lumsden, M. B. Stone, J. C. Lang, J. W. Kim, J. A. Schlueter, Y. G. Shi, K. Yamaura, Y. S. Sun, Y. Tsujimoto, and A. D. Christianson, Magnetically Driven Metal-Insulator Transition in NaOsO_3 , *Physical Review Letters* 108 257209 (2012).doi: 10.1103/PhysRevLett.108.257209, 査読有
- [12] A. A. Belik, D. A. Rusakov, T. Furubayashi, and E.

- Takayama-Muromachi, BiGaO₃-Based Perovskites: A Large Family of Polar Materials, *Chemistry of Materials* 24, 3056-3064 (2012).doi: 10.1021/cm301603v, 査読有
- [13] A. A. Belik, Y. Matsushita, M. Tanaka, and E. Takayama-Muromachi, Crystal Structures and Properties of Perovskites ScCrO₃ and InCrO₃ with Small Ions at the A Site, *Chemistry of Materials* 24, 2197-2203 (2012).doi: 10.1021/cm3009144, 査読有
- [14] S. B. Zhang, Y. F. Guo, Y. G. Shi, S. Yu, J. J. Li, X. X. Wang, M. Arai, K. Yamaura, and E. Takayama-Muromachi, Magnetic and electrical properties and carrier doping effects on the iron-based host compound Sr₂ScFeAsO₃, *Physical Review B* 83 024505 (2011).doi: 10.1103/PhysRevB.83.024505, 査読有
- [15] X. X. Wang, J. J. Li, Y. G. Shi, Y. Tsujimoto, Y. F. Guo, S. B. Zhang, Y. Matsushita, M. Tanaka, Y. Katsuya, K. Kobayashi, K. Yamaura, and E. Takayama-Muromachi, Structure and magnetism of the postlayered perovskite Sr₃Co₂O₆: A possible frustrated spin-chain material, *Physical Review B* 83 100410 (2011).doi: 10.1103/PhysRevB.83.100410, 査読有
- [16] Y. Shirako, H. Satsukawa, X. X. Wang, J. J. Li, Y. F. Guo, M. Arai, K. Yamaura, M. Yoshida, H. Kojitani, T. Katsumata, Y. Inaguma, K. Hiraki, T. Takahashi, and M. Akaogi, Integer spin-chain antiferromagnetism of the 4d oxide CaRuO₃ with post-perovskite structure, *Physical Review B* 83 174411 (2011).doi: 10.1103/PhysRevB.83.174411, 査読有
- [17] D. A. Rusakov, A. A. Belik, S. Kamba, M. Savinov, D. Nuzhnyy, T. Kolodiaznyy, K. Yamaura, E. Takayama-Muromachi, F. Borodavka, and J. Kroupa, Structural Evolution and Properties of Solid Solutions of Hexagonal InMnO₃ and InGaO₃, *Inorganic Chemistry* 50, 3559-3566 (2011).doi: 10.1021/ic102477c, 査読有
- [18] H. Okabe, N. Takeshita, M. Isobe, E. Takayama-Muromachi, T. Muranaka, and J. Akimitsu, Pressure-induced metal-insulator transition in the spin-orbit Mott insulator Ba₂IrO₄, *Physical Review B* 84 115127 (2011).doi: 10.1103/PhysRevB.84.115127, 査読有
- [19] J. Li, Y. F. Guo, S. B. Zhang, S. Yu, Y. Tsujimoto, H. Kontani, K. Yamaura, and E. Takayama-Muromachi, Linear decrease of critical temperature with increasing Zn substitution in the iron-based superconductor BaFe_{1.89-2x}Zn_{2x}Co_{0.11}As₂, *Physical Review B* 84 020513 (2011).doi: 10.1103/PhysRevB.84.020513, 査読有
- [20] A. A. Belik, Y. Matsushita, Y. Katsuya, M. Tanaka, T. Kolodiaznyy, M. Isobe, and E. Takayama-Muromachi, Crystal structure and magnetic properties of 6H-SrMnO₃, *Physical Review B* 84 094438 (2011).doi: 10.1103/PhysRevB.84.094438, 査読有
- [学会発表] (計 26 件)
- [1] A.A. Belik, W. Yi, T. Furubayashi, Y. Matsushita, M. Tanaka, S. Hishita, H.i Yusa, E. Takayama-Muromachi; Title: High-pressure synthesis and properties of new perovskites with small ions at the A site; Conference Name: Study of Matter at Extreme Conditions, SMEC 2013; Date: March 23-30, 2013; Place: Miami, USA (招待講演)
- [2] A. A. Belik; Title: Chemistry and synthesis of new polar perovskites with small tolerance factors; Conference Name: APS March Meeting 2013; Date: March 18-22, 2013; Place: Baltimore, USA (招待講演)
- [3] 山浦一成, ペロブスカイト型オスミウム酸化物および関連物質の電子物性, 学振研究開専門委員会「産業応用をめざした新物質機能の設計と実証」拡大幹事会 - 4 d、5 d 電子系材料に関する研究の現状と可能性を探る -, 東京大学山上会館, 3月2日, 2013. (招待講演)
- [4] K. Yamaura, Strong, tough high temperature superconducting nanowires: synthesis and characterization of whisker crystals of iron-based superconductor The 8th Hokkaido University - Nanjing University Joint Symposium, Conference Hall, Hokkaido University, and Hotel Milione, Jozankei, Sapporo, Japan, December 6 - 8, 2012. (招待講演)
- [5] 桜井裕也 NaCr₂O₄の巨大磁気抵抗効果、ISSP ワークショップ「強相関物質開発の最前線」(招待講演)、2012年10月23日、東大物性研

- [6] K. Yamaura, Strong, tough high-Tc superconducting nanowires: synthesis and characterization of whisker crystals of Fe-based superconductor 1st International Conference on Emerging Advanced Nanomaterials (ICEAN), Mercure Hotel, Brisbane, Australia 22 - 25 October, 2012. (招待講演)
- [7] K. Yamaura, High-pressure synthesis and magnetic properties of new composite perovskite and related oxides, The 4th International Symposium on Structure-Property Relationships in Solid State Materials, University of Bordeaux, Bordeaux, France June 24 - 29, 2012. (招待講演)
- [8] K. Yamaura, Impurity effects on the Fe-based superconductor $A(\text{Fe}_{1-y}\text{Co}_y)_2\text{As}_2$ ($A = \text{Ba}$ and Sr) International Conference and Workshop on Nanostructured Ceramics University of Delhi, New Delhi, India March 13-16, 2012. (招待講演)
- [9] 桜井裕也, カルシウムフェライト型酸化物 NaM_2O_4 ($M: 3d$ 遷移金属) の電子物性、NIMS-東北大多元研連携ラボ、2012年2月23日、東北大多元研 (招待講演)
- [10] A. A. Belik; Title: High-pressure synthesis of new ferroelectric and multiferroic perovskite materials; Conference Name: Fundamental Physics of Ferroelectrics and Related Materials 2012; Date: January 29 - February 1, 2012; Place: Argonne National Laboratory, Argonne, IL USA (招待講演)
- [11] 山浦一成, 高压合成法による新材料シーズの探索:ペロブスカイト型関連酸化物, GRC 研究推進プロジェクト・キックオフシンポジウム「高压下における材料合成」, 愛媛大学、松山, Oct. 14-15, 2011. (招待講演)
- [12] K. Yamaura, Continuous metal-insulator transition at 410 K of the 5d oxide NaOsO_3 , 26th International Conference on Low Temperature Physics (LT26) Beijing International Convention Center, China, Aug 10-17, 2011. (招待講演)
- [13] K. Yamaura, High-pressure synthesis and magnetic properties of the novel post-perovskite oxide CaRuO_3 and related compounds The 18th American Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ACCGE-18), Hyatt regency, Monterey, California, USA, July 31 - August 5, 2011. (招待講演)
- [14] M. Tachibana, Exploration of Functional Perovskites Employing Calorimetry, The 66th Calorimetry Conference, June 16, 2011, Oahu, Hawaii, USA (招待講演)
- [15] K. Yamaura, High-pressure synthesis of new composite oxides related to perovskite structure: primary properties and possible applications International Discussion Meeting on Thermoelectrics and Related Functional Materials, School of Chemical Technology, Aalto University, Finland, June 14-17, 2011. (招待講演)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

BELIK Alexei (BELIK ALEXEI)

独立行政法人物質・材料研究機構・国際ナノアーキテクトゥクス研究拠点・MANA 独立研究者

研究者番号：20421430

(2) 研究分担者

磯部 雅朗

独立行政法人物質・材料研究機構・超伝導物性ユニット・グループリーダー

研究者番号：10354309

新井 正男

独立行政法人物質・材料研究機構・理論計算科学ユニット・主幹研究員

研究者番号：40222723

山浦 一成

独立行政法人物質・材料研究機構・超伝導物性ユニット・主幹研究員

研究者番号：70391216

橋 信

独立行政法人物質・材料研究機構・超伝導物性ユニット・主任研究員

研究者番号：40442727

桜井 裕也

独立行政法人物質・材料研究機構・超伝導物性ユニット・主任研究員

研究者番号：60421400

川嶋 哲也

独立行政法人物質・材料研究機構・先端材料プロセスユニット・主任研究員

研究者番号：00354308