

科学研究費補助金研究成果報告書

平成 24 年 6 月 26 日現在

機関番号：3 2 6 0 6

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2009～2011

課題番号：2 1 3 6 0 3 2 5

研究課題名(和文) 高圧を利用した化学結合の制御と極性酸化物の創製

研究課題名(英文) Control of chemical bonding and development of novel polar oxides by high pressure synthesis

研究代表者

稲熊 宜之 (YOSHIYUKI INAGUMA)

学習院大学・理学部・化学科

研究者番号：0 0 2 4 0 7 5 5

研究成果の概要(和文):

本研究では高圧合成による極性酸化物の探索を行い、結晶構造と極性との関係について議論した。探索の結果、 CdPbO_3 および PbNiO_3 等の新規 LiNbO_3 (LN)型酸化物の合成に成功した。得られた LN 型酸化物およびペロブスカイト(Pv)型酸化物の構造安定性は構成イオンのイオン半径を使って予想できるが、 $3d$ 遷移金属イオンを含む場合、その結晶場安定化エネルギーも重要な支配因子となることがわかった。また、LN 型酸化物 ABO_3 の第二次高調波発生の信号強度と B イオンの対称中心からの変位に相関があることを見出した。LN 型酸化物 MnMO_3 ($M = \text{Ti}, \text{Sn}$) は極性を示すとともに弱強磁性の出現およびその転移温度での誘電率の異常が確認され、マルチフェロイクスの候補物質としての可能性が示唆された。高圧合成により得られた Pv 型酸化物 PbNiO_3 を常圧下で熱処理すると LN 相へ相転移すること、両相とも $\text{Pb}^{4+}\text{Ni}^{2+}\text{O}_3$ という特異な価数をとることが明らかになった。また、両相とも反強磁性を示し、転移(ネール)温度は Ni-O 間距離に依存する。そして、Pv 型酸フッ化物 PbMnO_2F の高圧合成に成功し、その正方晶歪みから大きな自発分極を持つ強誘電体である可能性が示唆された。さらに Pv 型極性酸化物 $\text{Bi}_{1/2}\text{Ag}_{1/2}\text{TiO}_3$ において、Na を置換固溶することにより強誘電性が確認された。

研究成果の概要(英文):

In this study, we have searched polar oxides by high pressure synthesis and elucidated structure and polar properties and structure-property relation. We have successfully synthesized several LiNbO_3 (LN)-type oxides such as CdPbO_3 and PbNiO_3 and discussed the stability of LN-type and perovskite(Pv)-type oxides relative to oxides with other structure for ABO_3 compounds. The tolerance factor of perovskite in terms of ionic radius is not the only predominant one to determine the stability and the crystal field effects of $3d$ transition metal ions are also important. Furthermore, we found the correlation between the displacements of B -ion from the centro-symmetric position in LN-type oxides and the intensity of second harmonic generation. LN-type MnMO_3 ($M = \text{Ti}, \text{Sn}$) synthesized under high pressure exhibit polarity, and weak ferromagnetism. Anomalies in the dielectric permittivity were observed at the weak ferromagnetic transition temperature for both the compounds, indicating the correlation between magnetic and dielectric properties. These results indicate that LN-type compounds with magnetic cations are new candidates for multiferroic materials. A perovskite-type PbNiO_3 phase synthesized under high pressure irreversibly transforms to a LN-type phase by heat treatment at ambient pressure. Both phases possess the peculiar valence state of $\text{Pb}^{4+}\text{Ni}^{2+}\text{O}_3$. The both of Pv-type and LN-type PbNiO_3 undergo antiferromagnetic transition and the transition temperatures depend on the Ni-O distance. Furthermore, we successfully synthesized Pv-type PbMnO_2F under high pressure and found large tetragonal distortion, which indicates that the compound may be a ferroelectric with high spontaneous polarization. Na substituted perovskite-type $\text{Bi}_{1/2}\text{Ag}_{1/2}\text{TiO}_3$, which was synthesized under oxygen pressure, exhibited ferroelectricity.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	9,100,000	2,730,000	1,1830,000
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2011年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
総計	12,100,000	3,630,000	15,730,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：無機材料・物性

キーワード：高圧合成、酸化物、化学結合、極性、ペロブスカイト、リチウムニオベート、相転移、強誘電性

1. 研究開始当初の背景

極性結晶は、強誘電性、圧電性、焦電性、非線形光学特性等の構造の非中心対称性に基づく機能を示し、基礎的にも応用的にも非常に重要な物質群である。特に酸化物の分野では、BaTiO₃、Pb(ZrTi)O₃等のペロブスカイト型酸化物がコンデンサー、強誘電体メモリー、アクチュエーター、センサー材料として、また、LiNbO₃等のLiNbO₃型酸化物が非線形光学素子として不可欠な材料となっている。近年、環境への配慮からPbを含まない強誘電体が求められ、非鉛系強誘電体に関する研究(例えば、竹中、セラミックス誌、2005)が注目され、盛んに行われている。さらに、強磁性と強誘電性を併せ持つマルチフェロイクス物質の研究も盛んにおこなわれ、新しい強誘電体物質が切望されている。これら非鉛系強誘電体およびマルチフェロイクス物質においても、いかに極性物質を設計するかが必須課題である。従来の極性酸化物の設計指針として、(1)二次のJahn-Teller歪(空のd軌道と八面体配位の酸素の2p軌道間の相互作用によるエネルギーの安定化によって生ずる歪)をもたらすTi⁴⁺、Nb⁵⁺、Ta⁵⁺、V⁵⁺、Mo⁶⁺、W⁶⁺などd⁰電子配置をもつイオン(2) s²孤立電子対により歪をもたらすBi³⁺、Pb²⁺、Tl⁺等((n-1)d¹⁰(ns)²の電子配置をとるイオンを含む化合物を選択すること(Shiv Halasyamani, et al., *Chem. Mater.*, 1998, 2004)が提案されており、これらの条件を満たす化合物の中で多くの極性酸化物が見出されている。先ほど例に挙げたBaTiO₃、Pb(ZrTi)O₃、LiNbO₃もこれらに当てはまる。この中で、Bi³⁺、Pb²⁺を含むペロブスカイト型酸化物は、基礎的にも応用的にも重要な極性物質の候補として考えられるが、常圧で合成可能な物質は限られており、特にBi³⁺含有ペロブスカイト型酸化物では、常圧で合成可能な物質はBi_{1/2}Na_{1/2}TiO₃とBi_{1/2}K_{1/2}TiO₃のみである。このように極性発現

をもたらす構造を安定化させることが困難である場合があり、機能発現のためには何らかの方法で化学結合を制御する必要がある。一つの方策として、イオン置換(固溶体形成)による構造の安定化があげられるが、固溶限界による制約やイオン置換による機能性の低下などの問題がある。当グループにおいても6s²孤立電子対を持つBi³⁺、Pb²⁺を含む化合物に着目し、ここ10年Bi³⁺、Pb²⁺を含むペロブスカイト型酸化物の探索を行ってきた。これまで、ペロブスカイト型酸化物BiMO₃(M=Cr, Mn)が高圧により合成できるという先行研究(Sugawara et al., *J. Phys. Soc. Jpn.*, 1965)を参考に、Bi³⁺、Pb²⁺を含む新規ペロブスカイト型酸化物Bi_{1/2}Ag_{1/2}TiO₃、Bi(M_{1/2}Ti_{1/2})O₃(M=Ni, Co, Mg)、BiScO₃-PbTiO₃固溶体、PbMO₂F(M=Fe, Sc)、PbFeO₃、PbFe_{1/2}V_{1/2}O₃の高圧合成を行い、高圧合成がBi³⁺、Pb²⁺を含むペロブスカイト型酸化物の安定化のために有用であることを示してきた。

さらに最近、当研究グループにおいて、LiNbO₃型酸化物ZnSnO₃の高圧合成に成功し、この物質が極性をもつことを明らかにした(Inaguma, et al., *J. Am. Chem. Soc.*, 2008)。この物質に含まれるZn²⁺、Sn⁴⁺は、どちらもd¹⁰の電子配置をとり、従来の極性酸化物の設計指針には該当しない。極性発現のためにd¹⁰電子配置が重要なのか、極性構造であるLiNbO₃型構造の安定化が重要なのか、まだ不明であった。

また、ZnSnO₃以外に、高圧合成で得られるLiNbO₃型酸化物としてMnTiO₃、CuTaO₃、FeTiO₃、MnSnO₃等の報告(Syono, et al., *J. Phys. Chem. Solids*, 1969, Sleight, et al., *Mater. Res. Bull.*, 1970, Ko, et al., *Phys. Chem. Mineral.*, 1988, Leinenwebber, et al., *ibid.*, 1991, 1995)があるが、ほとんどが地球科学的見地からの研究であり、誘電性に関する報告は皆無であった。したがって、これらの結晶構造、極性に

関する物性、電子構造について総合的に調べることにより、極性酸化物の設計において従来の設計指針以外の新たな指針が得られる可能性が期待され、高压合成による極性酸化物の探索合成について更に検討していく必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、高压下での合成を、「化学結合を制御し、形成した化学結合に起因する新規な機能性をもたらす合成プロセス」であると捉え、その応用として極性酸化物の探索合成に取り組む。そして、合成した極性酸化物の結晶構造、強誘電性、焦電性、圧電性、非線形光学特性等の極性に関する物性および電子構造を実験および計算の両面から詳細に調べ、化学結合の観点からこれらの相互関係を明らかにし、得られた結果から極性結晶の材質設計指針および化学結合制御による高压合成指針を獲得、物質合成にフィードバックすることを目的とした。

3. 研究の方法

極性酸化物の候補として、従来の設計指針に基づく (1) 二次の Jahn-Teller 歪をもたらす d^0 イオンまたは $(6s)^2$ 電子配置をとる Bi^{3+} および Pb^{2+} を含むペロブスカイト型酸化物、そして、新しい可能性をもつ (2) $LiNbO_3$ 型酸化物 (図 1) を選択し、これらの物質群の高压合成をおこない、結晶構造、極性に関する物性、電子構造、化学結合性を明らかにし、極性発現の支配因子を抽出する。

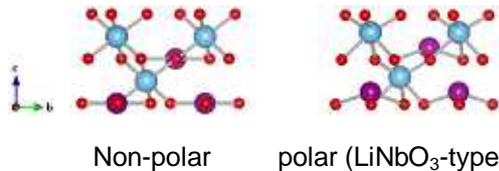


図 1 $LiNbO_3$ 型酸化物 ABO_3 におけるイオン変位に伴う極性の発現 紫色および水色の球がそれぞれ A および B カチオン、小さな赤丸が酸化物イオンに対応する。

4. 研究成果

主な研究成果について以下に示す。

(1) $LiNbO_3$ 型酸化物の高压合成と構造安定性および第二次光高調波発生 (SHG)

高压合成による極性酸化物の探索を行い、結晶構造と強誘電性、圧電性、非線形光学特性等の極性との関係について議論した。探索の結果、 $CdPbO_3$ および $PbNiO_3$ 等のいくつかの新規 $LiNbO_3$ (LN) 型酸化物の合成に成功した。図 2 に、主に高压合成により得られる ABO_3 型酸化物の Goldschmidt diagram を示す。

は Pv 型構造、はイルメナイト (IL) 型構造、は LN 型構造をとる物質を示す。ここで、我々のグループで見出した LN 型酸化物につ

いては太字で示した。また、A イオンは 8 配位、B イオンは 6 配位の Shannon のイオン半径を使って求めた許容因子 (Goldschmidt's tolerance factor, t) を点線で示した。この図からわかるように、大局的には許容因子によって Pv 相と LN 相の相境界を予想できる。しかし、 $Pb^{4+}Ni^{2+}O_3$ は、常圧下で Pv および LN 型のどちらの構造も得られる。また、常圧で IL 型構造をとる $CoTiO_3$ や $NiTiO_3$ は、高压下では Pv 型構造をとらず、 NiO , CoO と TiO_2 に分解することが知られており、LN 相の報告はない。これは 6 配位の Ni^{2+} , Co^{2+} イオンの結晶場安定化エネルギーが大きいことに起因している。したがって、LN 相の出現 (あるいは安定性) はイオン半径からある程度予想できるが、第一遷移金属イオンが含まれる場合、その結晶場安定化エネルギーも重要な支配因子となることがわかった。また、LN 型酸化物 ABO_3 の第二次高調波発生 (SHG、入射波長の半分の波長の光) の信号強度と B イオンの対称中心からの変位と相関があることを見出した。

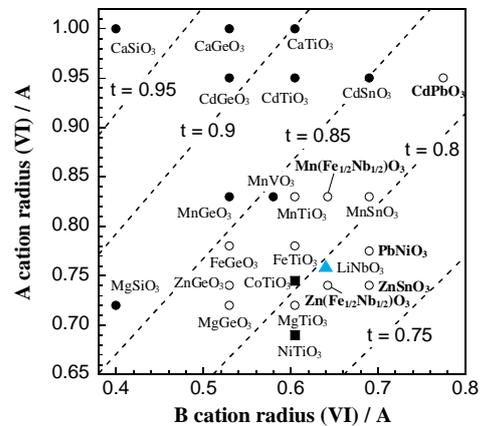


図 2 ABO_3 型酸化物の Goldschmidt diagram 縦および横軸は、それぞれ A イオンおよび B イオン 6 配位の Shannon のイオン半径である。

(2) $LiNbO_3$ 型酸化物 $MnMO_3$ ($M = Ti, Sn$) の高压合成、結晶構造、非線形光学特性、誘電性および磁性

強誘電性と強磁性を併せ持つマルチフェロイクスはメモリー、センサー等への応用が期待されている。3d 遷移金属磁性イオンを含んだ極性 $LiNbO_3$ 型酸化物はマルチフェロイクス候補と考えられるが、そのような研究はほとんど行われていない。本研究では、磁性イオンとして Mn^{2+} を含んだ $MnTiO_3$, $MnSnO_3$ に着目し、その構造、磁性および誘電性を調べた。粉末 X 線回折と SHG の結果から、 $MnMO_3$ ($M = Ti, Sn$) は両方とも空間群 $R3c$ ($LiNbO_3$ 型構造) に属することがわかった。リートベルト解析の結果から、点電荷モデルによる自発分極を計算したところ、 $M = Ti, Sn$ ではそれぞれ $69 \mu C/cm^2$ と $55 \mu C/cm^2$ となり、

LiNbO₃ (63 μC/cm²)に匹敵する非常に大きい値となった。MnTiO₃の誘電率、磁化率および比熱の温度依存性を図3に示す。28 Kにおいて磁化率および比熱に異常が見られる。これらの異常は弱強磁性転移に対応し、磁気転移温度で誘電率にもピークが観測される。同様の異常がMnSnO₃にも53 Kにおいても観測され、これらの物質において磁性と誘電性の間に相互作用があることがわかった。この結果からマルチフェロイクスの候補物質としての可能性が示唆された。

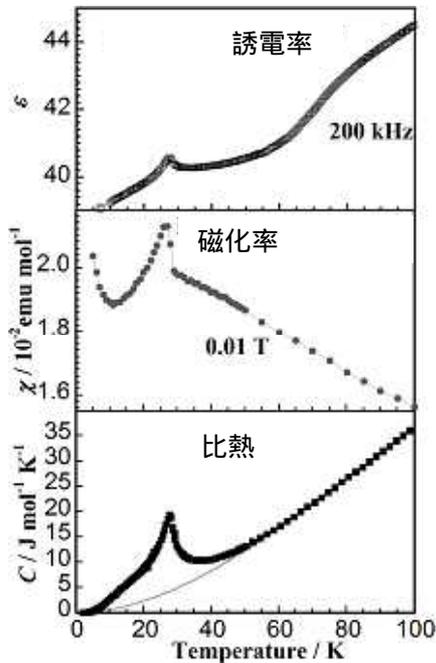


図3 LiNbO₃型 MnTiO₃の誘電率、磁化率および比熱の温度依存性

(3) LiNbO₃型およびペロブスカイト型酸化物 PbNiO₃の高圧合成およびその反応挙動

LN相とPv相の二つの相が常圧で得られる新規Pb化合物PbNiO₃について、高圧合成およびその反応挙動、それぞれの相の結晶構造および物性について調べた。PbNiO₃は高圧合成によってペロブスカイト相として生成し、常圧下200°C付近で熱処理するとLN相へ転移し、また、LN相は高圧下での熱処理によりペロブスカイト相へ転移した(図4)。高圧高温下におけるin-situ放射光X線回折測定により高圧合成時の反応挙動を調べたところ、高圧高温下でLN相を経ずペロブスカイト相が直接生成することが確認された。Pv相およびLN相について、それぞれ空間群Pnma(斜方晶)とR3c(六方晶)を用いて結晶構造の精密化を行ったところ、良好なフィッティング結果が得られた。構造解析結果から、両相ともNiO₆酸素八面体が頂点共有し、酸素八面体のティルト(傾き)とPbイオンの変位のみによって、長距離拡散を伴わずに構造転移

が達成できることが示唆され、低い温度でのPv相からLN相への転移が理解できる。また、密度を比べると、Pv相($d = 9.27 \text{ g/cm}^3$)の方がLiNbO₃相($d = 8.93 \text{ g/cm}^3$)より高く、上で述べたPv相が高圧下で安定であることと一致する。結合原子価の計算結果より、どちらの構造でもPbは4価、Niは2価であることが示唆され、Pb⁴⁺Ni²⁺O₃という特異な価数状態はPbMO₃化合物の中で初めてのケースである。Pv相およびLN相はどちらも反強磁性転移(転移温度(ネール温度)はそれぞれ225 Kおよび205 K)を示す半導体であり、ネール温度はNi-O間距離に依存することが明らかになった。

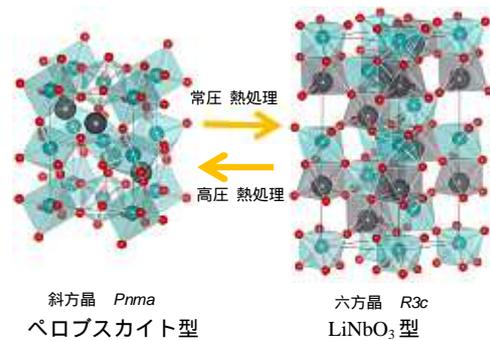


図4 ペロブスカイト型およびLiNbO₃型PbNiO₃の相関係

(4) Pbを含む酸素フッ化物PbMnO₂Fの合成と結晶構造

二次のJahn-Teller歪をもたらずd⁰イオンまたは(6s)²電子配置をとるBi³⁺およびPb²⁺を含むペロブスカイト型酸化物は極性化合物の候補物質として有力である。一方、これまで極性化合物の探索は酸化物を中心に行われており、Bi³⁺およびPb²⁺を含むペロブスカイト型酸フッ化物については十分な研究が行われてこなかった。そこで高温・高圧発生装置を利用して、新規ペロブスカイト型酸フッ化物、PbMnO₂Fの合成を試み、その結晶構造について調べた。その結果、この化合物は正方晶ペロブスカイト型構造を有しており、電子線解析の結果、 $a \times a \times 4c$ (a, c はペロブスカイト単位格子の格子定数)の超格子構造を有していることが明らかとなった。さらにその正方晶歪み(c/a)について比較した結果、4 GPaで合成したPbMnO₂Fでは $c/a=1.100$ と他のPbを含む正方晶ペロブスカイト型酸化物、PbTiO₃ ($c/a=1.064$), PbMnO₃ ($c/a=1.017$)等に比べ、大きな値となり、大きな自発分極を持つ強誘電体である可能性が示唆された。

(5) ペロブスカイト型極性酸化物Bi_{1/2}Ag_{1/2}TiO₃の合成とイオン置換による強誘電性の発現

10気圧程度の高酸素圧下で合成されるペロブスカイト型酸化物Bi_{1/2}Ag_{1/2}TiO₃について、

結晶構造の観点からその相転移挙動について調べ、誘電性との関係について議論した。また、イオン置換による強誘電性の発現を試みた。室温で第二次高調波発生 (SHG) が観測されたことから、 $\text{Bi}_{1/2}\text{Ag}_{1/2}\text{TiO}_3$ は対称中心をもたず、また空間群 $R3c$ から極性結晶であることが明らかとなった。そして、SHG 信号は温度とともに減少し、550 K 付近で消失した (早稲田大学上江洲教授の協力による)。放射光 X 線回折測定を行ったところ、この温度付近での顕著な構造変化は見られなかったが、温度とともに 111 回折線 (六方晶では 001) の半値幅が減少し、SHG 信号の減少と対応していた。これは、温度の上昇とともに分極による六方晶歪み (111 回折線の分裂を伴う) が減少し、この温度付近で極性が消失したためだと考えられる。一方、この物質は抗電場が高く、電場による分極反転 (強誘電性) はいまだ確認できていない。この物質においては、 $\text{Bi}_{0.50}\text{Ag}_{0.48}\text{TiO}_{3-\delta}$ という Ag 欠損がある状態でのみ単相として得られ、それに付随する酸素欠陥が分極反転を阻害していると考えられる。そこで、Ag に対して Na を置換固溶したところ、酸素欠陥の少ない化合物を安定に合成でき、強誘電性が確認された。今後、酸素欠損と強誘電性との関係について明らかにする。

(6) 成果のまとめ

本研究では、(1) 二次の Jahn-Teller 歪をもたらず d^0 イオンまたは $(6s)^2$ 電子配置をとる Bi^{3+} および Pb^{2+} を含むペロブスカイト型酸化物、(2) 極性構造をもつ LiNbO_3 型酸化物に着目し、高压合成による極性化合物の探索を行った。その結果、多くの新規極性化合物の合成および新規物性の開拓に成功し、結晶構造と物性の関係について明らかにした。本研究により極性構造をもつ LiNbO_3 化合物は、ペロブスカイト型化合物と同様さまざまな元素を許容し、極性を維持しつつ、構成元素の選択により、磁性等の物性の付与や誘電性、圧電性など物性の制御が可能になることが示唆され、今後も合成および機能開拓を系統的に行う必要がある。

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 8 件)

Y. Shirako, Y.G. Shi, A. Aimi, D. Mori, H. Kojitani, K. Yamaura, Y. Inaguma, M. Akaogi, High-pressure stability relations, crystal structures, and physical properties of perovskite and post-perovskite of NaNiF_3 , *J. Solid State Chem.*, 査読有, **191**, 2012, 167-174.

DOI: 10.1016/j.jssc.2012.03.004

Tetsuhiro Katsumata, Mamoru Nakashima, Yoshiyuki Inaguma, Takao Tsurui, Synthesis

of New Perovskite-Type Oxyfluoride, PbMnO_2F , *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 査読有, **85**, 2012, 397-399.

DOI: 10.1246/bcsj.20110295

Y. Shirako, H. Kojitani, A.R. Oganov, K. Fujino, H. Miura, D. Mori, Y. Inaguma, K. Yamaura and M. Akaogi, Crystal structure of CaRhO_3 polymorph: High-pressure intermediate phase between perovskite and post-perovskite, *American Mineralogist*, 査読有, **97**, 2012 159-163.

DOI: 10.2138/am.2012.3856

Yoshiyuki Inaguma, Kie Tanaka, Takeshi Tsuchiya, Daisuke Mori, Tetsuhiro Katsumata, Tomonori Ohba, Ko-ichi Hiraki, Toshihiro Takahashi, and Hiroyuki Saitoh, Synthesis, structural transformation, thermal stability, valence state, and magnetic and electronic properties of PbNiO_3 with perovskite- and LiNbO_3 -type structures, *J. Am. Chem. Soc.*, 査読有, **133**, 2011, 16920-16929.

DOI: 10.1021/ja206247j

Akihisa Aimi, Tetsuhiro Katsumata, Daisuke Mori, Desheng Fu, Mitsuru Itoh, Toru Kyomen, Ko-ichi Hiraki, Toshihiro Takahashi, and Yoshiyuki Inaguma, *Inorg. Chem.*, 査読有, **50**, 2011, 6392-6398.

DOI: 10.1021/ic201006q

Daisuke Mori, Manabu Shimoi, Yuji Kato, Tetsuhiro Katsumata, Ko-ichi Hiraki, Toshihiro Takahashi and Yoshiyuki Inaguma, High-pressure synthesis, structure, dielectric and magnetic properties for $\text{SrCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$, *Ferroelectrics*, 査読有, **414**, 2011, 180-189.

DOI: 10.1080/00150193.2011.577336

Masanobu Nakayama, Masayuki Nogami, Masashi Yoshida, Tetsuhiro Katsumata, Yoshiyuki Inaguma, First-principles studies on novel polar oxide ZnSnO_3 ; pressure-induced phase transition and electric properties, *Adv. Mater.*, 査読有 **22**(23), 2010, 2579-2582.

DOI: 10.1002/adma.200903432

High-pressure synthesis of novel lithium niobate-type oxides, Yoshiyuki Inaguma, Masashi Yoshida, Takeshi Tsuchiya, Akihisa Aimi, Kie Tanaka, Tetsuhiro Katsumata, Daisuke Mori, *J. Phys.: Conf. Ser.*, 査読有, **215**, 2010, 012131(1-5).

DOI: 10.1088/1742-6596/215/1/012131

[学会発表] (計 22 件)

高野祐一ら “ $\text{Bi}_{0.5}(\text{Ag}_{1-x}\text{Na}_x)_{0.5-y}\text{TiO}_3$ の強誘電性および圧電性”, 日本セラミックス協会 2012 年年会 2012 年 3 月 19

日 - 21 日, 京都大学 (京都)
田中樹恵ら, “ペロブスカイトおよびリチウムニオベート型酸化物 PbNiO_3 の構造と電気伝導性、磁性”, 第 50 回セラミックス基礎科学討論会, 2012 年 1 月 12 日 - 13 日, (両国ファッションセンター、東京)

Y. Inaguma et al. “High-pressure synthesis and characterization of perovskite-type and LiNbO_3 -type oxides”, Composites at Lake Louise 2011, October 30-November 4, 2011, Canada, Lake Louise (Invited)

田中樹恵ら “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 7 日 - 9 日, 北海道大学 (札幌)

相見晃久ら “新規 LiNbO_3 型酸化物 $\text{A}(\text{Fe}_{1/2}\text{Nb}_{1/2})\text{O}_3$ ($\text{A} = \text{Mn}, \text{Zn}$) の高压合成と構造および物性”, 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 7 日 - 9 日, 北海道大学 (札幌)

森大輔ら “A サイト秩序型ペロブスカイト酸化物 $\text{SrCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ の高压合成 構造, 磁性, 誘電性”, 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 7 日 - 9 日, 北海道大学 (札幌)

勝又哲裕ら, “Mn を含むペロブスカイト型酸フッ化物の結晶構造”, 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 7 日 - 9 日, 北海道大学 (札幌)

稲熊宜之ら, “極性構造をもつ LiNbO_3 型酸化物の高压合成”, 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 7 日 - 9 日, 北海道大学 (札幌)

田中樹恵ら “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 - 13 日, つくば国際会議場エポカル (つくば)

稲熊宜之ら, “ LiNbO_3 型構造をもつ極性酸化物の高压合成、構造および物性”, 日本化学会第 91 春季年会, 2011 年 3 月 26 日 - 29 日, 神奈川大学 (横浜)

田中樹恵ら “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 16 日 - 18 日, 静岡大学 (浜松)

相見晃久ら, “ LiNbO_3 型酸化物 MnMO_3 ($M = \text{Ti}, \text{Sn}$) の磁気電気カップリング”, 日本セラミックス協会 2011 年年会, 2011 年 3 月 16 日 - 18 日, 静岡大学 (浜松)

但住俊明ら, “ペロブスカイト型酸化物 ($\text{Bi}_{1/2}\text{Ag}_{1/2-x}\text{Na}_x$) TiO_3 の合成と誘電性”, 日本セラミックス協会 2011 年年会, 2011 年 3 月 16 日 - 18 日, 静岡大学 (浜松)

T. Tazumi et al. “Synthesis and dielectric properties of perovskite-type oxide $\text{Bi}_{1/2}\text{Ag}_{1/2}\text{TiO}_3$ ”, PACIFICHEM 2010, December 10-15, 2010, Honolulu, Hawaii, USA

K. Tanaka et al. “Phase transformation and physical properties for perovskite and LiNbO_3 -type PbNiO_3 ”, PACIFICHEM 2010, December 10-15, 2010, Honolulu, Hawaii, USA

D. Mori et al., “High-pressure synthesis, structure and dielectric properties for $\text{SrCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ ”, PACIFICHEM 2010, December 15-20, Honolulu, Hawaii, USA

Y. Inaguma et al. “High-pressure synthesis and characterization of novel perovskite-type and LiNbO_3 -type oxides”, PACIFICHEM 2010, December 10-15, 2010, Honolulu, Hawaii, USA (Invited)

A. Aimi et al. “Dielectric and Magnetic Properties of LiNbO_3 -type MnMO_3 ($M = \text{Ti}, \text{Sn}$)” RCBJSF-10, June 20-24, 2010, Yokohama

D. Mori et al. “High-pressure synthesis, structure and dielectric properties for $\text{SrCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ ”, RCBJSF-10, June 20-24, 2010, Yokohama

稲熊宜之 “ペロブスカイト関連化合物の機能探索と発現機構の解明” 日本化学会関東支部大会 2009 年 9 月 4 日 早稲田大学 東京 (招待講演)

21 Y. Inaguma et al. “High-Pressure Synthesis and Characterization of Novel LiNbO_3 -type Oxides”, Joint AIRAPT-22 & HPCJ-50, July 27, 2009, Tokyo (Invited)

22 T Katsumata et al. “Synthesis and physical properties of LiNbO_3 -type compounds, MnMO_3 ($M = \text{Ti}, \text{Sn}$)” Joint AIRAPT-22 & HPCJ-50, July 30, 2009, Tokyo

【その他】

ホームページ

<http://www-cc.gakushuin.ac.jp/~19990787/group/index.htm>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

稲熊 宜之 (INAGUMA YOSHIYUKI)
学習院大学・理学部・教授
研究者番号: 00240755

(2) 研究分担者

森 大輔 (MORI DAISUKE)
学習院大学・理学部・助教
研究者番号: 00432021
勝又 哲裕 (KATSUMATA TETSUHIRO)
東海大学・理学部・准教授
研究者番号: 90333020