

特定研究 (平成30年度)

「多元秩序制御による負熱膨張物質の開発」

研究代表者：東 正樹(東京工業大学フロンティア材料研究所)

研究目的

代表的な強誘電体である PbTiO_3 が強誘電→常誘電転移に伴って負熱膨張を示す事は、古くから知られている。本研究では、d¹電子配置のV⁴⁺イオンのヤーンテラー効果のため、 $c/a=1.23$ と巨大な正方晶歪みを持つ、 PbTiO_3 型化合物 PbVO_3 を負熱膨張物質化する事を目的とする。

研究成果・効果

Pb^{2+} を Bi^{3+} で一部置換することで電子ドーピングを行った $\text{Pb}_{1-x}\text{Bi}_x\text{VO}_3$ において、 c/a 比を1.10以下に抑制する事に成功した。また、最大8%もの体積収縮を伴った負熱膨張を示す事を見いだした。 La^{3+} 、 Bi^{3+} 両置換を行った $\text{Pb}_{0.76}\text{La}_{0.04}\text{Bi}_{0.20}\text{VO}_3$ は、図1の通り230K から 410 Kの間で、6.7%の体積収縮を示す。これは、これまでに報告されている負熱膨張材料の中で最大の体積収縮である。さらに、 PbVO_3 の O^{2-} を一部Fで置換することでも電子ドーピングを行い、 $\text{PbVO}_{3-x}\text{F}_x$ の負熱膨張化に成功した。また、 V^{4+} を一部 Cr^{4+} で置換した $\text{PbV}_{1-x}\text{Cr}_x\text{O}_3$ でも c/a 比を1.07までの任意の値に設定でき、電気分極の大きさを制御出来る事を明らかにした。この物質が、応力によって結晶の方位が変化する強弾性や、負熱膨張を示す事も確認した。

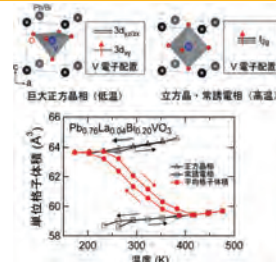


図1. PbVO_3 の強誘電相と常誘電相、 $\text{Pb}_{0.76}\text{La}_{0.04}\text{Bi}_{0.20}\text{VO}_3$ の平均単位格子体積の温度変化

発表論文・関連論文：

H. Yamamoto, T. Imai, Y. Sakai, and M. Azuma, "Colossal Negative Thermal Expansion in Electron-Doped PbVO_3 Perovskites", *Angew. Chem. Int. Ed.*, **57**, 8170, 2018
T. Ogata, Y. Sakai, H. Yamamoto, S. Patel, P. Kell, J. Koruza, S. Kawaguchi, Z. Pan, T. Nishikubo, J. Rödel and M. Azuma, "Melting of d_{xy} Orbital Ordering Accompanied by Suppression of Giant Tetragonal Distortion and Insulator-to-Metal Transition in Cr-Substituted PbVO_3 ", *Chemistry of Materials*, **31**, 1352, 2019

特定研究 (平成30年度)

「計算・データ科学による電子材料の機能解明と設計」

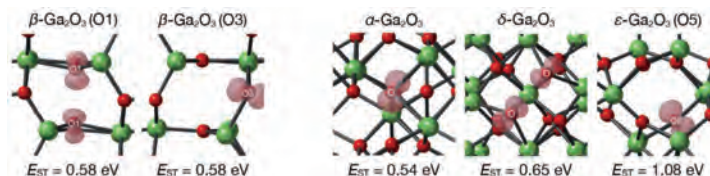
研究代表者：大場史康(東京工業大学科学技術創成研究院フロンティア材料研究所)

研究目的

材料の真の理解と的確な設計には、機能の起源となる原子・電子スケールの構造まで掘り下げた考察が不可欠である。本課題では、第一原理計算をはじめとした最先端の計算手法およびデータ科学手法を駆使して、電子材料を中心にその原子・電子構造と機能の相関を解明することを目的とする。また、得られた知見をもとに新材料の設計・提案へと展開することを目指す。

研究成果・効果

電子材料に関わる基礎物性・格子欠陥特性の高精度・高速・自動計算手法の開発と系統的な計算データの機械学習による物性予測モデルの構築を行った。とくに様々な材料において重要となる点欠陥やポーラロンの形成エネルギーおよび準位を高精度に算出する手法を確立し、その応用を進めた。様々な半導体の点欠陥とポーラロンを系統的に評価することで、キャリアのドーピングや補償、局在化、再結合中心の形成等、材料特性の理解および電子材料の設計に関する重要な知見を得た。



第一原理計算による Ga_2O_3 多形におけるホールポーラロンの空間分布と捕獲エネルギー(発表論文1)

発表論文： 1. T. Gake, Y. Kumagai, and F. Oba, *Phys. Rev. Mater.*, in press.
2. Y. Mochizuki, H. Akamatsu, Y. Kumagai, and F. Oba, *Phys. Rev. Mater.*, **2**, 125001 (2018).
3. Y. Hinuma, Y. Kumagai, I. Tanaka, and F. Oba, *Phys. Rev. Mater.*, **2**, 124603 (2018).
4. Y. Mochizuki, Y. Kumagai, H. Akamatsu, and F. Oba, *Phys. Rev. Mater.*, **2**, 125004 (2018). 他

特定研究(平成30年度)

「スパッタリングプロセスを用いた新規アモルファス酸化物半導体の創成」

研究代表者：節原 裕一（大阪大学接合科学研究所）

共同研究対応教員：井手啓介

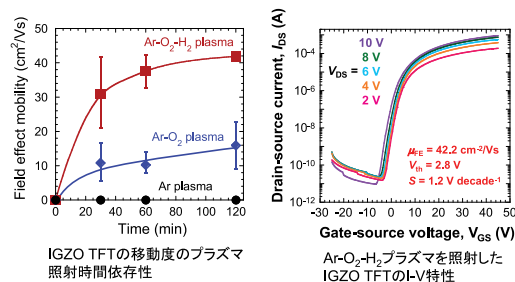
— 研究目的 —

高移動度で安定なIGZO TFTの作製を念頭に、マグネトロン放電に重畳した誘導結合プラズマを独立に制御することにより、スパッタ粒子の供給束と反応性の独立制御が可能なプラズマ支援反応性スパッタリング法を用いて、a-IGZO薄膜の低温形成およびそれらの薄膜をチャネル層として用いるIGZO TFTの高性能化に向けた製膜プロセスの開発を目的とする。

— 研究成果・効果 —

反応性プラズマプロセスを用いたIGZO TFTの作製

プラズマ支援反応性スパッタリング法によりa-IGZO薄膜の低温形成し、その薄膜に反応性プラズマプロセスを用いて基板温度300℃程度で低温後工程を行った。Ar-O₂-H₂プラズマで生成されたOHラジカルをチャネル層に使用するa-IGZO薄膜に照射することにより、電界効果移動度40cm²/Vsを超えるIGZO TFTの低温作製に成功した。



発表論文・関連論文

K. Takenaka, M. Endo, G. Uchida, and Y. Setsuhara, Fabrication of high-performance InGaZnOx thin film transistors based on control of oxidation using a low-temperature plasma, Appl. Phys. Lett., 112 (15), 152103 (2018).

Topic – specified CRP 2018

Enhancement of earthquake-resistant technology based on multi-degrees-of-freedom experiment

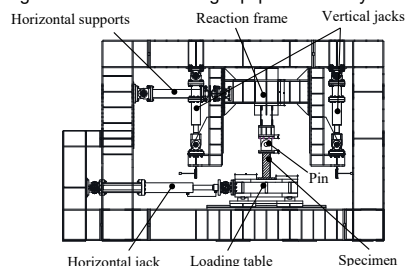
Project Coordinator Name: Satoshi Yamada (Tokyo Institute of Technology)

- Aims of Research -

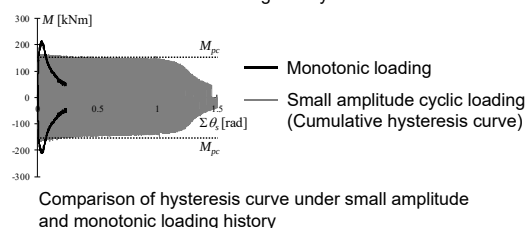
The purpose of this study is to evaluate the effect of the loading amplitude on Square Hollow Section (SHS) steel columns. Structural components may be subjected to a relatively small amplitude and a large number of cyclic loading under long-period and long-duration earthquake excitations as well as multiple strong ground motions in a short period of time such as the 2016 Kumamoto Earthquake. In this study, the cyclic loading test of cold-formed SHS columns under small amplitude loading history was conducted.

- Results -

The cyclic loading test was conducted using multi-degrees-of-freedom loading equipment in Tokyo Tech.



The effect of the loading amplitude is observed in the strength deterioration range caused by local buckling, that is, the strength deterioration under small amplitude loading histories is smaller than that under the monotonic loading history.



International CRP 2018—Category A

The relation between the structure and the emergence of superconductivity in $\text{SnAs}_{1-x}\text{P}_x$

Project Coordinator Name: Hechang Lei

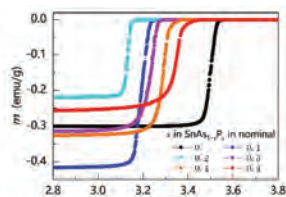
MSL Faculties: Hideo Hosono

- Aims of Research -

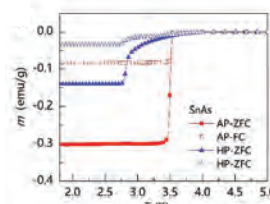
Synthesize a series of samples $\text{SnAs}_{1-x}\text{P}_x$ ($x = 0 \sim 1$) by ambient-pressure (for smaller x) or high-pressure (for larger x) synthesis method. Then study their structural and superconducting properties including conductivity, magnetism and heat capacity.

- Results -

We synthesized a series of samples $\text{SnAs}_{1-x}\text{P}_x$ and we found that samples containing much As ($x = 0 \sim 0.25$, roughly) are easier to obtain by ambient-pressure synthesis method while samples containing much P ($x = 0.45 \sim 1$, roughly) are easier to obtain by high-pressure synthesis method. The former shows behavior similar to superconducting SnAs with cubic structure, while the latter is similar to non-superconducting SnP with tetragonal structure. Samples with $x = 0.25 \sim 0.45$ are hard to synthesize at present, because of possible phase separation during the synthesis process.



Magnetization curves $m(T)$ of $\text{SnAs}_{1-x}\text{P}_x$ synthesized at ambient pressure.



$m(T)$ curves of $\text{SnAs}_{1-x}\text{P}_x$ by high-pressure synthesis method.

International CRP 2018—A

Negative thermal expansion study of PbCoO_3 and high-pressure search for multifunctional materials

Project Coordinator Name: Youwen Long

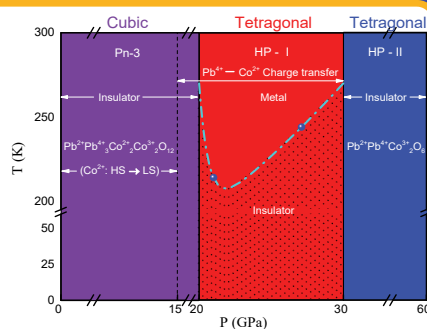
MSL Faculties: Masaki Azuma

- Aims of Research -

Negative thermal expansion (NTE) is a very important functionality with potential applications in precision instruments and devices. Among different NTE materials, the charge-transfer induced one received peculiar attention because the anomalous thermal properties are strongly coupled with magnetic and electrical transitions, making the material a unique multifunctional system. The main aim of this project is applying external stimuli such as high pressure and/or temperature to induce the spin state transition of Co^{2+} as well as the Pb-Co intermetallic charge transfer, and then investigate the resulting negative thermal expansion.

- Results -

i) By XES measurements, we found the change of Co^{2+} spin state from high spin with $S = 3/2$ to low spin with $S = 1/2$. ii) By XAS analysis, we found the valence state variations for both Pb and Co ions, and therefore determined the Pb-Co intermetallic charge transfer. iii) The SXRD measurements provided evidence for spin state and charge transfer induced structural phase transitions. According to the refined structural parameters, we studied the negative thermal expansion. iv) The electrical transport experiments shown drastic resistance variations like insulator-metal transition during the spin state transition and the intermetallic charge transfer. The right figure shows pressure and temperature dependent phase digrame of PbCoO_3 .



International CRP 2018—Category B

Enhancing seismic behavior of timber structures

Project Coordinator Name : Andreea Casuta (Technical University of Civil Engineering Bucharest)

MSL Faculties: Shoichi Kishiki

- Aims of Research -

The purpose of the project is to share information on the seismic behavior of timber structures researched in both Romania and Japan and to exchange successful practices applied for such structures for seismic resistance. Thus, a small reaction frame for testing timber connections was designed and made in Romania, with the assistance of the Japanese side. By means of this testing facility, timber connection tests could be conducted corresponding to the project that was ongoing on timber shear walls. A proposed structural system was analyzed in terms of shear strength to simulate earthquake load. The system was based on traditional structures, but adapted to current needs of the owners, and simplified for an easy execution.

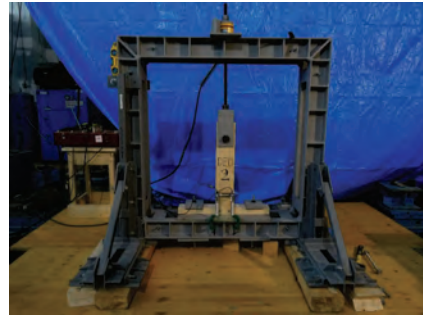
- Results -

Moment-rotation curves could be obtained for the connections used in the TRAROM project [1], in bending (Figure 2) and force-displacement curves in traction (Figure 3). The results are currently used for numerical analysis to model a wall test and after that could be used to model the whole house.

The project helped to accomplish the connection tests, which are essential for a successful experimental program and further for a good numerical analysis. The whole house is meant for developing countries, as a cheap and easy to build solution for reconstruction after disasters, but not limited to that. It can be also used for new houses, and owners can do it by themselves, following the guideline proposed within the project [1].

References

[1] <http://trarom.utcb.ro/> (24.04.2019)



International CRP 2018—Category B. Continuation (Final Year)

Survivor Analysis Applied To Building Stocks

Project Coordinator Name : David Mukai (University of Wyoming)

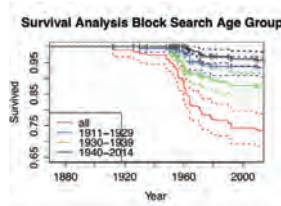
MSL Faculties: Susumu Kono

- Aims of Research -

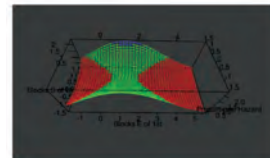
The original project was to address the following research questions: What proportion of a species (building type) will live past a certain time? How do we handle multiple causes of death (reason for demolition)? How does the mortality rate (building demolition rate) change over time? What is the life expectancy (building life-span) after a medical treatment (building retrofit)?

- Results -

Survivor Analysis has been applied to building stocks in Laramie, WY and St. Paul, Minnesota. The model for Laramie, WY includes an analysis for the effect of location. The analysis on effect of location in the Laramie building stock indicated a high mortality rate in the early 1950s. Research into the history of Laramie revealed a large fire during this time and the location of the fire matched the location of the high mortality rates as a function of location.



Cox Model showing high mortality rate in early 1950s.



Estimated Hazard Function from the Cox model fit to Calendar Year.

International CRP 2018—Category B

Evaluation of biaxial strain effects on epitaxial BiFeO₃ film

Project Coordinator Name: In-Tae Bae (State University New York at Binghamton)

MSL Faculties: Shintaro Yasui

- Aims of Research -

This study is to establish a novel methodology to quantitatively evaluate the lattice strain induced within epitaxially grown BiFeO₃ film, which is a critical parameter to harness the film's multiferroic property. Specifically, transmission electron microscopy (TEM) and x-ray reciprocal lattice space mapping (XRSM) technique were evaluated for (1) crystal symmetry identification and (2) quantification of lattice mismatch.

- Results -

The crystal structures as well as lattice strain status were investigated for BiFeO₃ (BFO) films grown on LaSrMnO₃(LSMO)/SrTiO₃(STO) and YAlO₃ (YAO) substrates using ultra high vacuum magnetron sputtering. For the BFO film grown on LSMO/STO, the TEM results indicate its crystal structure as rhombohedral. The epitaxial relationship identified by TEM and precise lattice spacing measurement using the XRSM reveal that the BFO film is under ~1.0 % of compressive lattice strain. The atomic resolution scanning TEM technique confirms the applied compressive lattice strain in BFO by directly showing the atomistically coherent BFO/LSMO interface. On the other hand, the crystal structure within the BFO film grown on YAO turns out rhombohedral with no sign of lattice strain from the NBED and structure factor calculation results although the lattice mismatch is estimated ~6.8% on the basis of the epitaxial relationship identified. This indicates that ~6.8% of lattice mismatch is too large to exert the corresponding amount of compressive lattice strain within the BFO film. The current work demonstrates the highly synergetic effect between the TEM and XRSM techniques to precisely determine the crystal symmetry, epitaxial relationship, and lattice strain status within BFO films. The experimental results clearly show the importance of: (1) identification of the epitaxial relationship between the BFO film and the substrate material for the accurate evaluation of the lattice mismatch, and (2) the atomistically coherent BFO/substrate interface for the lattice mismatch to exert the lattice strain.*

* I-T Bae et al., "Short range biaxial strain relief mechanism within epitaxial grown BiFeO₃", *Scientific Reports* (in press).

International CRP 2018—Category B

Correlation between Earthquake Induced Damages and the Consistency in Implementing Seismic Design Code in Indonesia

Project Coordinator Name: Iswandi Imran (Institut Teknologi Bandung)

MSL Faculties: Susumu Kono

- Aims of Research -

This project aims to investigate the correlation between building damages due to recent earthquakes in Indonesia and the consistency in applying relevant building codes in the design of those buildings.

- Results -

Generally, damage of building structures due to earthquake in Indonesia are due to the following reasons:

1. Structural systems used are not consistent with the level of seismic risk at the location
Structural systems used in the area of high seismicity should be those that have good performance under seismic forces, such as special moment resisting frames or special structural walls. In reality, many structural systems used in area with high seismicity in Indonesia are those of intermediate or ordinary frames. These types of structural systems are prone to high seismic forces.
2. Structural components and reinforcement details are inadequately designed.
Special frames or walls need more stringent detailing to achieve more ductile behaviour. Unfortunately, not all building design accommodates the seismic detailing requirement for area with high seismicity. Sometimes, no seismic detailings are provided in the structural elements.
3. Seismic demand is too high due to many factors (structural irregularity, un-isolated non-structural components, unnecessary mass, increase in seismic hazard etc.).
4. Material quality and construction practices are not good or are not consistent with structural calculations and drawings.
5. Supervision and quality control during construction are not implemented properly
6. Proper maintenance of the buildings is not there

The top three reasons listed above are mainly related to the design code. These are frequently observed as the main causes of earthquake induced damages in many different places in Indonesia.

International CRP 2018—Category B

Detailed assessment procedure for residual capacity of reinforced concrete buildings

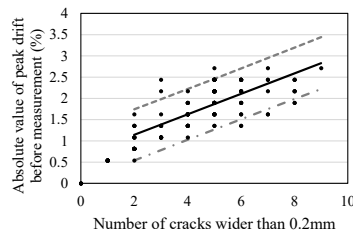
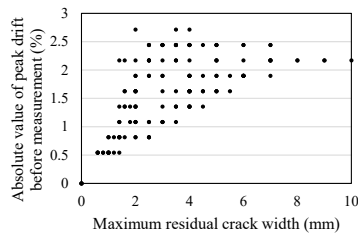
Project Coordinator Name: Kenneth J. Elwood, University of Auckland, NZ

MSL Faculties: Susumu Kono

- Aims of Research -

- Identify the factors influencing the residual capacity of reinforced concrete plastic hinges.
- Develop a methodology for the assessment of residual capacity of moderately damaged buildings after earthquakes.
- Identify the appropriate use of residual crack widths in the assessment of RC plastic hinges

- Results -



Observation:

- Residual crack widths not good indicator of previous drift demand.
- Number of wide cracks (or other extent of damage metrics) may provide better indications of prior demand.

International CRP 2018—Category B

Effects of Deep Sedimentary Basins on Expected Damage in Reinforced Concrete Buildings

Project Coordinator Name: Marc Eberhard, University of Washington

MSL Faculties: Susumu Kono

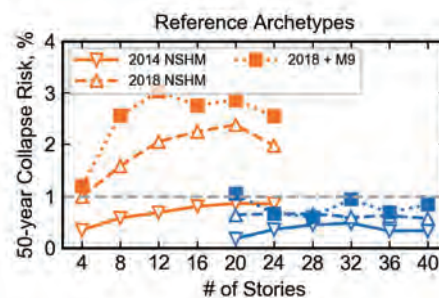
- Aims of Research -

The aim of this project is to estimate the effects on structures of differences between motions inside and outside of deep sedimentary basins.

- Results -

The collapse risk for buildings not designed basins is much larger than the target value of 1%.

In contrast, buildings design for the effects of basins have collapse likelihoods that are acceptable



International CRP 2018—Category B

Behavior of RC columns under biaxial shear and bending moment

Project Coordinator Name: Marco Di Ludovico (University of Naples Federico II)

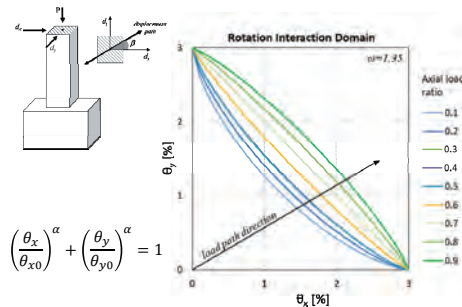
MSL Faculties: Susumu Kono

- Aims of Research -

The research project will aim at investigating the behavior of reinforced concrete (RC) columns under simultaneous horizontal actions and axial load that induce biaxial shear and bending in those members

- Results -

An ad-hoc numerical model was developed to predict the behavior of RC columns subjected to biaxial bending, based on diffused plasticity concept. Furthermore, a simplified analytical model for design purpose has been developed for predicting the ultimate chord rotation for members biaxially loaded.



International CRP 2018—Category B

Resistance of Reinforced Concrete Walls that fail in Shear

Project Coordinator Name: Marina L. Moretti (National Technical University of Athens)

MSL Faculties: Susumu Kono

- Aims of Research -

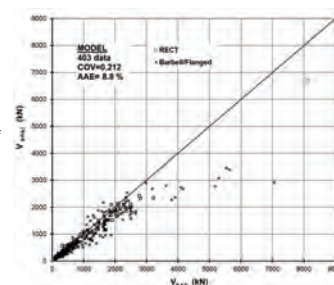
The Collaborative Research Project aims to investigate the behavior of reinforced concrete (RC) walls that fail in shear. A broad database of RC walls that failed in shear was assembled and has been used to assess the accuracy of different existing design models as well as to calibrate a new design model. The new model will provide a reliable tool to estimate the shear strength of RC walls taking into consideration all design parameters.

- Results -

A database for RC walls that fail in shear has been assembled, which comprises 128 RC walls with rectangular cross section and 275 barbell/flanged walls. The database was based on previous research works, and was expanded by more recent test results as well as test data collected with the assistance of the research group of Professor Kono.

Thirteen design models, including different code equations, have been evaluated regarding their predictive capacity of the measured peak shear strength of the specimens in the database. The study of previous research shows that the most decisive parameter on the shear strength of RC walls is the aspect ratio, i.e. the height-to-length ratio. Other parameters that contribute also to shear strength, are the concrete strength, the longitudinal reinforcement of the boundary elements, the vertical and the horizontal web reinforcement, the axial load, and the shape of the wall cross-section. The vast majority of models include only few of those parameters. It was determined that models that originate from a mechanical concept tend to better predict the peak shear strength of RC walls, for a broad range of design parameters. Furthermore, the applicability of empirical models which have been derived from statistical fit of test results is limited to the range of parameters of the specimens used in the database.

A model is proposed that considers all the design parameters, is applicable to all types of RC walls that fail in shear without any limitations in the range of wall characteristics, and proves to predict well the shear strength of the specimens included in the test database.



Performance of the proposed model
 V_{anal} V_{exp} = predicted and experimental peak shear strength

国際研究B(平成30年度)

「繊維補強セメント複合材料の超高性能化および有効活用技術開発」

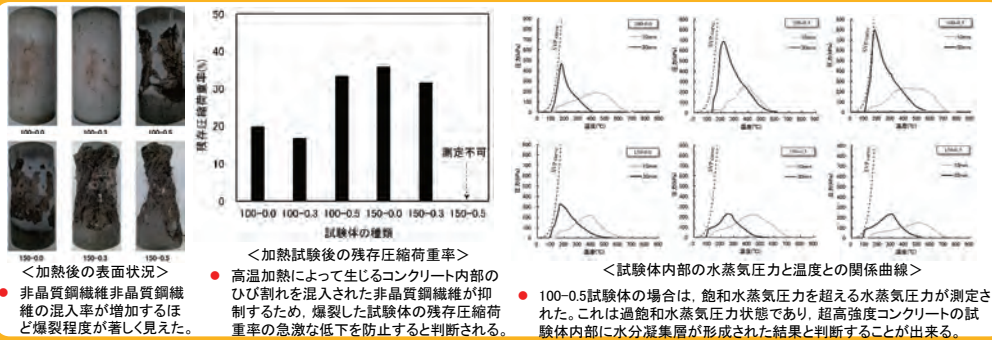
研究代表者：南 正樹(韓国 忠南大学校 建築工学科)

共同研究対応教員：河野 進

一 研究目的 一

建設材料として活用するために力学特性を中心にして非晶質鋼繊維補強コンクリートが検討されているが、超高強度コンクリートで必須的に検討しなければならない爆裂特性に関する研究はまだ少ない。本研究はポリプロピレン繊維を混入した超高強度コンクリートに対して高温環境下での爆裂特性及び内部水蒸気圧力に非晶質鋼繊維が及ぼす影響について実験的に検討したものである。

一 研究成果・効果 一



論文発表成果：非晶質鋼繊維を混入した超高強度コンクリートの爆裂特性。日本コンクリート工学年次大会, 2019.07

ひずみ速度を考慮した非晶質鋼繊維補強セメント複合体の引張挙動。日本建築学会大会, 2019.09

Local failure Properties of amorphous metallic fiber reinforced cement composite subjected to collision of impact. 日本建築学会大会, 2019.09

交換学生成果：2019.02.07~2019.03.07 東京工業大学河野進教授の研究室で準客員研究員として研修。忠南大学校 建築工学科 大学院生 Lee, Sangkyu

International CRP 2018—Category B

Imaging and Manipulating the Electronic Structure and Many-body Interactions of Novel States of Quantum Materials

Project Coordinator Name: Phil D.C. King (University of St Andrews)

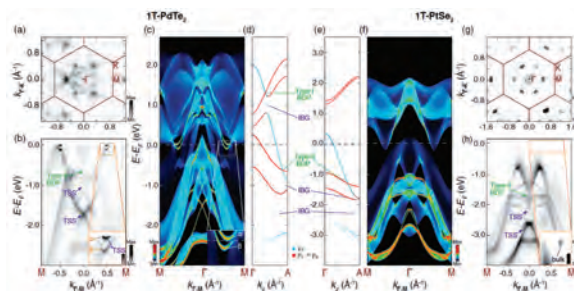
MSL Faculties: Takao Sasagawa

- Aims of Research -

There has long been interest in systems where spinpolarized electronic states coexist with superconductivity. Along this line, we studied the low-energy surface electronic structure of the transition-metal dichalcogenide superconductor PdTe₂, which was found to host topological surface states, by spin- and angle-resolved photoemission, scanning tunneling microscopy, and density functional theory-based supercell calculations.

- Results -

Comparing PdTe₂ with its sister compound PtSe₂, we found how enhanced interlayer hopping in the Te-based material drove a band inversion within the antibonding *p*-orbital manifold well above the Fermi level. Furthermore, it is found that this mediates spin-polarized topological surface states which form rich multivalley Fermi surfaces with complex spin textures. On the other hand, scanning tunneling spectroscopy reveals type-II superconductivity at the surface, and moreover shows no evidence for an unconventional component of its superconducting order parameter, despite the presence of topological surface states.



Web page: <https://www.st-andrews.ac.uk/physics/condmat/arpes/index.html>

[1] O.J. Clark, K. Okawa, T. Sasagawa, P.D.C. King *et al.*, Phys. Rev. Lett. **120**, 156401 (2018).

[2] M.S. Bahramy, K. Okawa, M. Asakawa, T. Sasagawa, P.D.C. King *et al.*, Nature Materials **17**, 21 (2018).

International CRP 2018—Category B

Exchange of Information on Structural Design Codes in Nepal and Japan

Project Coordinator Name : Prem Nath Maskey (Institute of Engineering, Tribhuvan University)

MSL Faculties: Susumu Kono

- Aims of Research -

The project aims at achieving the enhancement of the seismic code for building design in Nepal by learning the chronological development of Japanese ways of designing and regulating in the Japanese codes and standard laws. Safety of people and mitigation of large damages during large earthquakes have been the key words of Japanese regulations.

- Results -

The study has facilitated in identifying principles and strong base for formulating the seismic/structural design approach conducive to the typology of buildings and environment of Nepal. The interaction in Japan has facilitated in developing the updated form of the seismic code at par with any other international code. This study and interaction have highlighted on the strengths and weaknesses of the present Nepalese Code and the rational ways to enhance it.



International CRP 2018—Category B

Evaluation of Residual Drift Demands in Self-Centering Rocking Walls for Performance-based Seismic Assessment

Project Coordinator Name : Dr. H. A. D. Samith Buddika

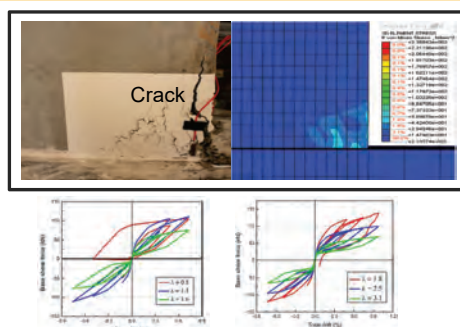
MSL Faculties: Prof. Susumu Kono

- Aims of Research -

This study focuses on numerical modelling of self-centering rocking walls using three-dimensional finite element models to predict the lateral load behavior of PR precast walls including residual deformations due to toe concrete crushing and yielding of PT tendons. Furthermore, this study investigates the effect of various modelling parameters on the force-displacement behavior of PR precast walls.

- Results -

The results indicate that the three-dimensional finite element model proposed in this study is accurate in predicting lateral force-displacement response, unbonded tendon stress, base rotation, concrete compressive strains observed during the experimental testing. Both post-tension force and energy dissipation force significantly affect on the extent of the damage in the wall toe region under cyclic loading. When the moment contribution ratio increases, base shear capacity of the wall increases. However, the moment contribution ratio is found to have a significant influence on the residual drift demands of the PR precast walls under cyclic loading condition.



International CRP 2018—Category B

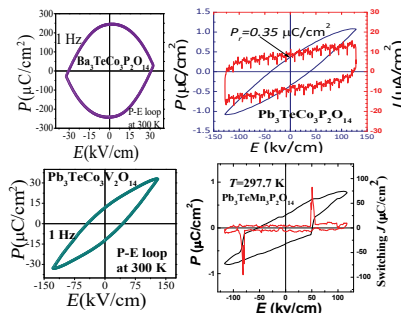
Manipulating local coordination, crystal field and spin-orbit effects for creating multifunctionality
Project Coordinator Name: Sugata Ray (Indian Association for the Cultivation of Science)
MSL Faculties: Mitsuru Itoh

- Aims of Research -

Recently multifunctional materials have become important due to many applications in electronic device like Spintronic devices, Information storage devices etc. These multifunctional materials can show frustrated magnetic structure, multiferroicity, nonlinear optical, piezoelectric, ferroelectric and dielectric properties. Till now, not much attention was paid on substituting A site cations of the Langanites (chemical formula $A_3BC_3D_2O_{14}$) by lone pair containing cations. We choose Pb^{+2} at the A site in the hope of new electrical property due to the $6s^2$ lone pair activity of Pb^{2+} , while Mn^{+2} and Co^{+2} are placed at the C-site and for charge-balance we put Te^{+6} at B site.

- Results -

P-E loops of lone pair containing compounds $Pb_3TeCo_3V_2O_{14}$, $Pb_3TeCo_3P_2O_{14}$ and $Pb_3TeMn_3P_2O_{14}$ confirm the presence of spontaneous polarization in the systems at room temperature, while absence of lone pair compound $Ba_3TeCo_3P_2O_{14}$ shows leaky type of behaviour. In case of $Pb_3TeMn_3P_2O_{14}$, a glass like phase transition appears near 120 K in the both temperature dependent dielectric constant and loss ($\tan\delta$) data, which is frequency dependent and another frequency independent anomaly is also observed near 317 K, which appears due to the structural phase transition from high temperature nonpolar phase *P321* to low temperature polar phase *P3*. Clear *P-E* loop with saturation and remnant polarization $0.83 \mu C/cm^2$ and $0.3 \mu C/cm^2$ respectively, are observed at 300 K. Square loop with switching current peaks at room temperature in the switching current density (*J*) versus electric field (*E*) curve, indicates the ferroelectricity of the sample at room temperature.



International CRP 2018 —Category B

Development of high-performance concrete core wall buildings for earthquake applications

Name: Tony T.Y. Yang (University of British Columbia)

MSL Faculty: KONO Susumu Aims of Research -

The aim of the research is to develop a high performance earthquake resilient tall building system that will be damage free after strong earthquake shaking. Upon successful implementation, this research will facilitate high-performance earthquake-resilient tall buildings to be construction in Canada, Japan and elsewhere.

In this research, an innovative tall building system (shown below) which utilizes a conventional reinforced concrete core wall with a damped outrigger at the top was proposed. The proposed system reduces the moment demand at the core, this results in a smaller core which reduced the construction costs and increased the usable floor space. To further improve the seismic performance, innovative lead-extrusion dampers are added to the ends of the outriggers and the base of the wall to allow the walls to rock and dissipate the earthquake energy. Fig. 1 shows the prototype building developed in this study. Fig. 2 shows the tri-linear force-deformation response of the proposed system.

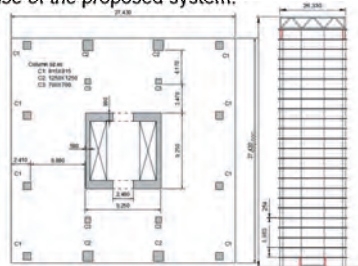


Figure 1: Typical story plan and elevation (all units in mm)

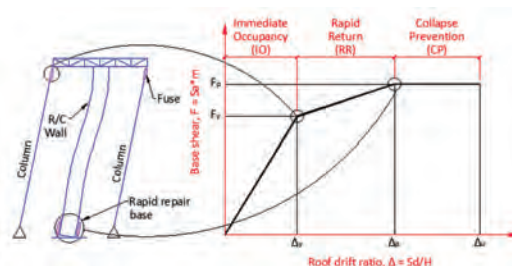


Figure 2: Force-deformation response of the proposed system

International CRP 2018—Category B

Direct and Indirect Probing of Quantum Confinement Effect in Molecular Porphyrins: STM/STS and TDPL Studies

Project Coordinator Name: Veinardi Suendo (Institut Teknologi Bandung)

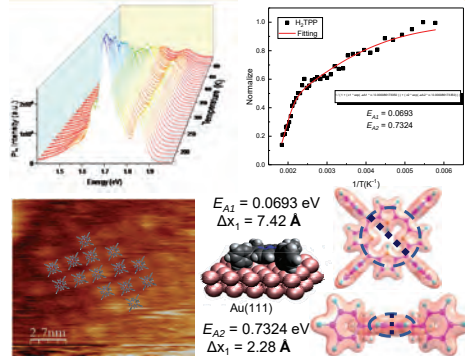
MSL Faculties: Yutaka Majima

- Aims of Research -

This project aims to reveal the electronic properties and the quantum confinement effect in molecular porphyrin with direct and indirect probing methods using STM/STS and temperature dependent photoluminescence studies, respectively.

- Results -

Temperature Dependent Photoluminescence (TDPL) results show that the confinement energy in tetraphenylporphyrin (H_2TPP) molecules have a strong correlation with the size of delocalized electron cloud, i.e. molecular orbitals. The plot of normalized integrated photoluminescence intensity as a function of inverse temperature was fitted with the modified Arrhenius equation resulting two activation energies. We suggest both activation energies correspond to the non-radiative recombination processes as two confinement energy values. These confinement energies might correspond to two different confinement regions with the size of 7.42 and 2.28 Å, respectively. Based on this result, we assign the first confinement energy to the size of delocalized electron cloud along the H_2TPP ring plane. While the second confinement energy is assigned to the thickness of electron cloud. These results are in a good agreement with the topography image of H_2TPP via the direct probing method using Scanning Tunneling Microscopy (STM).



Web page: www.msl.itb.ac.jp/~majima/eng_index.html, <http://inorg-phys.chem.itb.ac.id/veinardi-suendo-ph-d/>

International CRP 2018—Category B

Spectroscopic Studies of Layered Materials having Distinct Transport Properties

Project Coordinator Name: Worawat Meevasana (Suranaree Univ. of Tech.)

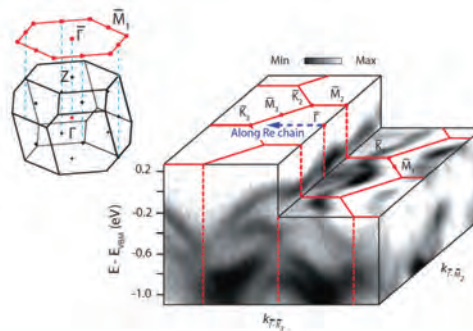
MSL Faculties: Takao Sasagawa

- Aims of Research -

Transition-metal dichalcogenides (MX_2 ; M = transition metal, X = chalcogen) with semiconducting properties have recently attracted much attention for their intriguing optical and electronic properties. We have investigated the band structure of a semiconducting ReS_2 having a distorted 1T crystal structure by using angle resolved photoemission spectroscopy.

- Results -

We found a large number of narrow valence bands, which we attributed to the combined influence of structural distortion and spin-orbit coupling. We further found how this led to a strong in-plane anisotropy of the electronic structure, with quasi-one-dimensional bands reflecting predominant hopping along zigzag Re chains. This did not persist up to the top of the valence band, where a more three-dimensional character is recovered with the fundamental band gap located away from the Brillouin zone center along k_z . These experiments were in good agreement with our density-functional theory calculations, shedding light on the bulk electronic structure of ReS_2 , and how it could be expected to evolve when thinned to a single layer.



Web page: <http://personal.sut.ac.th/worawat/>

[1] D. Biswas, W. Meevasana, T. Sasagawa, P. D. C. King *et al.*, Phys. Rev. B **96**, 085205 (2017).

International CRP 2018—Category B

Seismic Performance of Exposed Column Base Connections with Flexible Base Plate

Project Coordinator Name: Yao Cui (Dalian University of Technology)

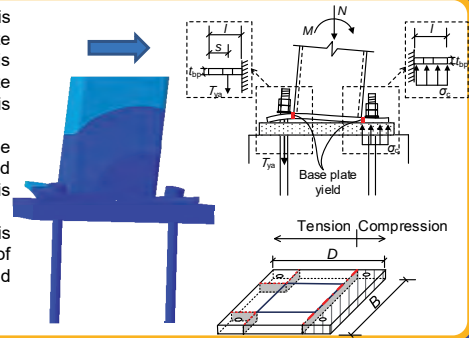
MSL Faculties: Satoshi Yamada;

- Aims of Research -

This project focused on the effect of the base plate thickness on the seismic behavior of exposed column base connections. Based on a series of numerical study, the failure mode, moment resistance, energy dissipation and the critical value of the base plate thickness to identify the yield mechanism have been discussed. This project will lead to a better understanding of the connections with flexible base plate.

- Results -

1. The failure mode of the exposed column base connection is dependent on the base plate thickness. When the base plate thickness is less than or equal to the critical value, the connection is designated as base plate yield mechanism. When the base plate thickness is greater than the critical value, the connection is designated as anchor rod yield mechanism.
2. For the connection with base plate yield mechanism, the base plate itself is subjected to bending on both the tension and compression sides of the connection. The key feature of this connection is large energy dissipation.
3. For the connection with anchor rod yield mechanism, tension is developed in the anchor rods as a result of the rigid body rotation of the base plate. This connection exhibits self-centering behavior and shows higher initial stiffness and bending strength.



国際研究B(平成30年度)

「κ-アルミナ型マルチフェロイック酸化物単結晶の育成」

研究代表者：余建定(中国科学院上海硅酸盐研究所)

共同研究対応教員：伊藤満

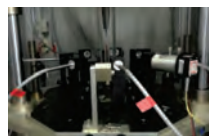
— 研究目的 —

室温でのマルチフェロイック特性を調べるのに適した、良好な絶縁性と磁性を有するκ-アルミナ型酸化物単結晶を得るため、元素ドーピングによりκ-アルミナ型酸化物 GaFeO_3 の絶縁性を向上させた単ドメイン構造を有する $\text{A}_x\text{Ga}_{1-x}\text{FeO}_3$ (A = Sc, Ti)単結晶を Floating Zoon (FZ) 法で育成し、磁気的・誘電的測定をはじめとする物性測定を行うことで本結晶群がもつ潜在的機能を見いだすことを目的とする。

— 研究成果・効果 —



ランプ加熱FZ法と熔融領域の温度分布

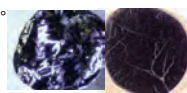


レーザー加熱FZ法と熔融領域の温度分布

ランプ加熱とレーザー加熱FZ法で直径約5mm、長さ約50mmの $\text{A}_x\text{Ga}_{1-x}\text{FeO}_3$ 単結晶の育成に成功した。



$\text{Sc}_{0.15}\text{Fe}_{0.925}\text{Ga}_{0.925}\text{O}_3$ 単結晶



微細亀裂がある



亀裂がない

成長方法を改し、微細亀裂がすくない高品質単結晶が得られた。

関連論文：Magnetic Properties of Single Crystal GaFeO_3 , Koki Tachiyama, Shintaro Yasui, Badari Narayana Aroor Rao, Takuro Dazai, Takamasa Usami, Tomoyasu Taniyama, Tsukasa Katayama, Yosuke Hamasaki, Jianding Yu, Huan He, Hui Wang, and Mitsuru Itoh, MRS Advances, in press (2019).

International CRP 2018—Category B

Double-K braced reinforced concrete frames with buckling restrained braces for seismic protection

Project Coordinator Name: Zhe Qu

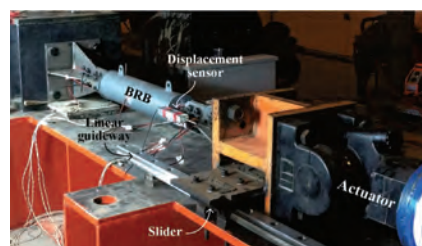
MSL Faculties: Shoichi Kishiki

- Aims of Research -

As a continued effort of past years' research, a series of uniaxial loading tests on the used buckling restrained braces in the previous subassembly tests are conducted to further examine the damage and energy dissipating capacity, especially the effect of strain rate on the cyclic behavior, of buckling restrained braces. High speed loading with a frequency of 1Hz at various strain amplitudes is performed.

- Results -

Six geometrically-identical BRBs were subjected to either dynamic or quasi-static uniaxial loading to investigate the effect of strain rate on the hysteretic behavior of BRBs. The strain rates of the brace cores range from 9.5%-1 to 18.4%-1 in the dynamic tests. The results show that the effect of strain rate on the yield strength of the BRBs in tension in the present tests is negligible. However, they exhibited significant strength deterioration when they are subjected to dynamic loading. This phenomenon was not observed in the counterpart quasi-static test. The compression over-strength, which is a unique property of BRBs as a component, is more significant in dynamic loading than in quasi-static loading.



Dynamic cyclic loading test of BRBs

一般共同研究 B
神戸大学
浅田 勇人 (p.62)

一般研究B(平成30年度)

「2016年熊本地震におけるブレース構造の被害分析と被害要因の解明」

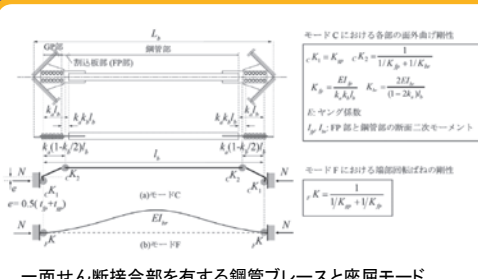
研究代表者: 浅田 勇人(神戸大学)

共同研究対応教員: 吉敷 祥一

— 研究目的 —

本研究は、鋼管ブレースを用いたブレース構造物の典型的な被害形式の一つであり、2016年熊本地震でもその被害が確認された鋼管ブレースの首折れ座屈(モードC)を対象とする。この首折れ座屈を生じると、圧縮耐力だけでなく、エネルギー吸収性能が著しく低下することが問題である。そこで本年度は簡便な首折れ座屈防止条件としてガセットプレートが必要面外曲げ剛性を提示した。

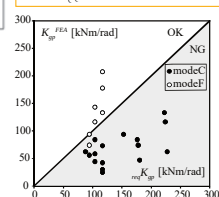
— 研究成果・効果 —



一面せん断接合部を有する鋼管ブレースと座屈モード

首折れ座屈防止条件式(ガセットプレートが必要面外曲げ剛性)

$$n_0 K_{gp}^a = \begin{cases} \left\{ 1.1(D_b/t_w)^2 k_z^2 + \frac{5}{\lambda_b^2} + 1 \right\} \cdot K_p (\lambda_b \geq 1.29) \\ \left\{ (D_b/t_w)^2 \cdot (1.1\lambda_b - 0.33) k_z^2 + \frac{5.5}{\lambda_b^2} \right\} \cdot K_p (0.38 < \lambda_b < 1.29) \end{cases}$$



座屈モードの判別精度(モードF:曲げ座屈)

- 提案式は、24ケースの解析結果に対して、安全かつ十分な精度で座屈モードの判別を行えた。
- 本研究をさらに発展させ、首折れ座屈防止を目的とした簡易な耐震補強工法を開発し、ブレース構造への地震被害軽減を図る。

発表論文・関連論文:

浅田勇人他、一面せん断接合部を有する鋼管ブレースの座屈耐力に与えるガセットプレート必要面外曲げ剛性および耐力の影響、日本建築学会構造系論文集、第83巻 第744号、pp.309-319、2018.2
中井沙耶他、一面せん断接合部を有する鋼管ブレースの座屈耐力に与えるガセットプレート必要面外曲げ剛性および耐力の影響—その3 現実的なガセットプレート形状を考慮した座屈耐力算定法—、日本建築学会大会学術発表講演集、構造Ⅲ、pp.679-680、2018.9

一般研究B(平成30年度)

「非線形電導を伴う誘電体薄膜形成の研究」

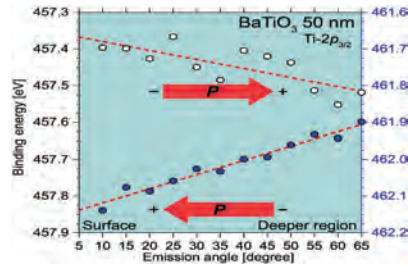
研究代表者：池田直(岡山大学大学院自然科学研究科)

共同研究対応教員：安井伸太郎

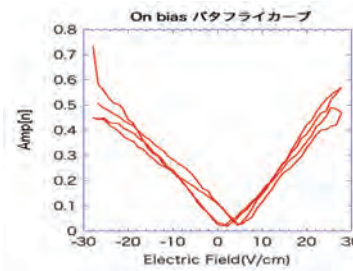
— 研究目的 —

電子強誘電体候補物質である YbFe_2O_4 ならびに LuFe_2O_4 の自発分極を、電歪-電場特性測定から確認する実験と、典型的変位型強誘電体 BaTiO_3 の自発分極による内部電場に起因した電子バンド構造の傾斜構造の観測を行う。

— 研究成果・効果 —



BaTiO_3 薄膜のバンド構造が傾斜を持ち、分極方向に合わせてその傾斜方向を変えることを、世界で初めて実験的に示した。



電子型強誘電体 YbFe_2O_4 のSHG測定とPFM測定から、極性な電荷秩序に伴い自発電気分極が存在することを世界で初めて実験的に確認した。

一般研究B(平成30年度)

「ドレスト状態描像による電子・格子・電磁場結合系の量子波束ダイナミクス」

研究代表者：石田邦夫(宇都宮大学大学院工学研究科)

共同研究対応教員：中村一隆

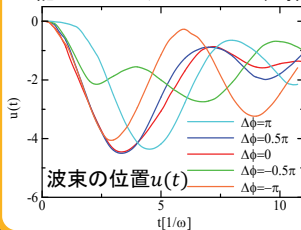
— 研究目的 —

電子・格子系に対するコヒーレント制御の方向性について指針を得るため、強結合電子・格子系が量子化された電磁場と結合した系の量子ダイナミクスについて、特に非断熱性の効果に焦点をおいて検討を行なった。特に、電子遷移に伴うフォノン生成・消滅とラマン過程の効果を調べるのが本研究の目的である。

— 研究成果・効果 —

$$\mathcal{H} = \omega a^\dagger a + \sum_{i=1}^3 \Omega_i c_i^\dagger c_i + \left\{ \mu (a^\dagger + a) + \varepsilon \right\} \frac{\sigma_z + 1}{2} + \left\{ \sum_{i=1}^3 v_i (c_i^\dagger + c_i) + \lambda \right\} \sigma_x$$

上記ハミルトニアンについて、時間依存シュレーディンガー方程式を数値的に解き、波束の運動を求めた。



電子励起への共鳴光(ポンプモード)とラマン散乱光(ラマンモード)の間の位相 $\Delta\phi$ によって波束の位置(軌道)に変化が現れる。

照射光の位相や振幅の精密に変化させることによって、物質中の励起状態やフォノン数、それらの位相関係を制御することができる。

発表論文・関連論文：

K. Ishida: Interplay of electron-phonon nonadiabaticity and Raman scattering in the wavepacket dynamics of electron-phonon-photon systems, arXiv:1809.02551

一般研究B(平成30年度)

「触媒反応を用いた非可食バイオマス資源から機能性バイオポリマーへの大量供給プロセスの検証」

研究代表者：岩越万里(株式会社BrainGild)

共同研究対応教員：原亨和教授

— 研究目的 —

1)非可食バイオマス資源から糖類、 2)グルコースからHMF、 3)HMFからAMF或いはFDCA

これらそれぞれについて、原亨和教授の新型触媒プロセスを用いて、実用化レベルへの開発をめざす。そのために、個別プロセス実用化に興味ある企業・団体を探索し、共同研究体制を築き、推進して成果を出す。

— 研究成果・効果 —

1)秋田県企業と「モミガラ⇒グルコース」、東京の企業と「コーヒー抽出滓⇒マンノース」及び「廃糖蜜⇒HMF、バガス⇒グルコース」、商社との商流検討などを行った。

共同研究の方向で検討の企業も出てきた。

2)「グルコース⇒HMF」プロセスを上場企業に紹介し実験を行った。

3)マッチングに至らず

まとめ：

プロセスに興味を持ちつつも、自社内に研究開発する実働要員がない、という企業が多い。実験補助サービスを行いながら共同研究の実現率を上げたい。

本年度は成果乏しかったが、潜在的顧客を掘り起こしていきたい。

一般研究B(平成30年度)

「多孔性イオン結晶の多形の制御と細孔構造—触媒活性の相関」

研究代表者：内田さやか(東京大学 大学院総合文化研究科)

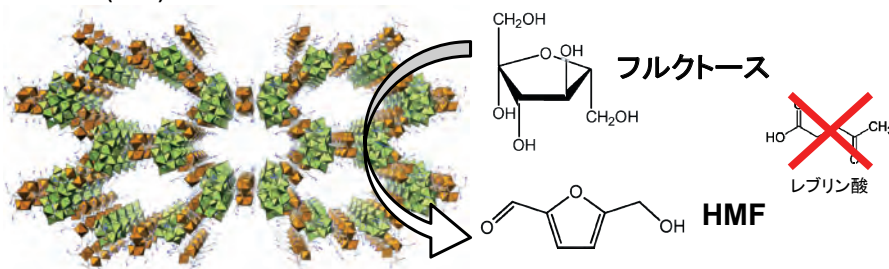
共同研究対応教員：鎌田 慶吾

— 研究目的 —

本研究では、ポリオキシメタレートアニオンや多核水酸化アルミニウムカチオンを用いて固体触媒として機能する多孔性イオン結晶を合成し、結晶多形の作り分けを行い、結晶構造と触媒活性の相関を検討している。昇温脱離ガス分析装置により、反応に関わる物質(反応物、生成物、溶媒)のなかで、細孔内に留まるものと細孔外へと排出されるものを特定することを、具体的な目的とした。

— 研究成果・効果 —

下記の多孔性イオン結晶は、メタノール/トルエン混合溶媒中で、フルクトースを5-ヒドロキシメチルフルフラール(HMF)へと副生成物無しに変換する。細孔にトルエンは吸着されず、メタノールは吸着される



現在、共著論文を執筆中

一般研究B(平成30年度)

「酸フッ化物の負熱膨張特性の研究」

研究代表者：岡 研吾（中央大学）

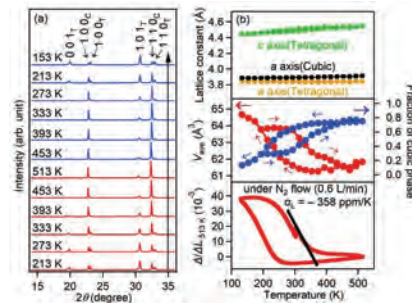
共同研究対応教員：東 正樹

— 研究目的 —

巨大な正方晶歪みを持つペロブスカイト酸化物 PbVO_3 の V^{4+} へ電子ドーピングを行うことにより、効果的に正方晶歪みが抑制されることが報告されている。構造歪みを抑制することにより、室温付近で巨大な体積収縮を伴う構造相転移が起こるようになり、それが巨大負熱膨張として観測される。本研究課題では、Vへの電子ドーピングを行うアプローチとして、OへのFの置換を行い、酸フッ化物 $\text{PbVO}_{3-x}\text{F}_x$ の負熱膨張特性を調べた。

— 研究成果・効果 —

合成条件を最適化した結果、8 GPa, 1200 °Cという条件で再現性よく $\text{PbVO}_{3-x}\text{F}_x$ の純良な試料が得られることがわかった。 $x = 0.20$ と $x = 0.22$ の間で正方晶相から立方晶相へと構造が変化し、またその中間の $x = 0.21$ で二相共存状態となっていた。さらに $x = 0.21$ の組成において、昇温による構造相転移を確認することができた。体積の小さな立方晶へと立方晶の分率を増やしながらか徐々に相転移が進むため、試料全体としては体積のなだらかな収縮となる。ペレット成形した試料を用いて、熱機械分析法により直接的に負熱膨張挙動を調べた結果、室温付近で線熱膨張係数-358 ppm/Kもの巨大な負熱膨張が観測された。この結果は、 PbVO_3 のVIに対する電子ドーピングが負熱膨張実現に有効であることを示すものである。



発表論文・関連論文：T. Ogata, K. Oka, M. Azuma: Appl. Phys. Exp., 12, 023005 (2019).

一般研究B(平成30年度)

「トポロジカル半金属候補物質の結晶育成と物性」

研究代表者：岡本 佳比古(名古屋大学大学院工学研究科)

共同研究対応教員：笹川 崇男

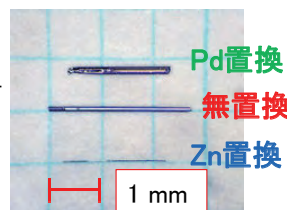
— 研究目的 —

近年、バンドギャップの大きさがゼロの状態が安定に存在するゼロギャップ半導体が、トポロジカルに保護された電子状態をもつトポロジカル物質であることが認識され、理論・実験の両面から注目されている。本課題では、波数空間の線上で価電子バンドと伝導バンドが交差するノーダルライン半金属 CaAgP に着目する。元素置換により化学ポテンシャルを制御した単結晶合成・物性測定を行うことにより、新奇なトポロジカル物性の発現を目指す。

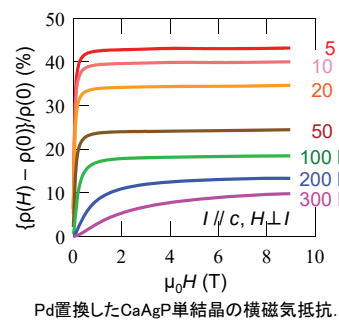
— 研究成果・効果 —

ノーダルライン半金属候補物質

CaAgP の、AgサイトをZnまたはPdで一部置換した単結晶試料の合成に成功した(左図)。合成したPd置換単結晶を用いた磁場中電気抵抗率測定により、横磁気抵抗が1 T以下の弱磁場で急激に増大し飽和する特異な振る舞いを示すことを明らかにした(右図)。今後、ホール抵抗測定などにより当該単結晶の電子状態の解明が望まれる。



Biフラックスを用いたフラックス法により合成された、Pd置換、無置換、Zn置換の CaAgP 単結晶。



Pd置換した CaAgP 単結晶の横磁気抵抗。

一般研究B(平成30年度)

「シリカ系材料の構造・欠陥と物性」

研究代表者：梶原浩一(首都大学東京大学院都市環境科学研究科環境応用化学域)
共同研究対応教員：平松秀典

一 研究目的

シリカはSi-O結合を骨格とする化合物群であるが、Siが強い結合による三次元的な網目構造を構築するため構造の多様性が高い。また、このようなシリカ系材料の物性は、構造だけでなく、しばしば欠陥の影響を大きく受ける。本研究では、SiO₂の組成をもつ結晶や非晶質(シリカガラス)、ゼオライトなど多種のシリカ系材料の構造や欠陥を種々の分光法・測定手法を用いて解析し、それらの物性との互いの相関を明らかにすることを目的とした。

一 研究成果・効果

- 酸素ダングリングボンド(NBOHC)、二配位Si、格子間O₂という三種類の発光性点欠陥をプローブとし、非晶質化能の大きい高速中性子線と、より穏やかな線源である2.5 MeV電子線を照射したα-石英での欠陥過程を調べた。
- 電子線、中性子線照射したα-石英ともに、「結晶的な酸素DB」が観察され、その比率は電子線照射した試料の方が高かった。このような酸素DBは、非晶質化領域と結晶格子との界面に形成されると考えられる。
- 電子線照射したα-石英では、格子間O₂と二配位Siは観察されなかった。これらの形成には、酸素DBの形成に比べてより広範囲な非晶質化が必要ながことが示唆される。

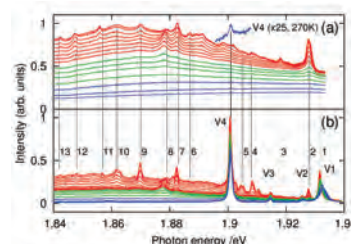


Fig. 1. PL spectra of NBOHC in α-quartz exposed to (a) $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-2}$ fast neutron or (b) $1.4 \times 10^{19} \text{ cm}^{-2}$ electron beams, measured at <100K (red), ≥100K (green), and at ≥200K (blue) under excitation at 632.8 nm. Peaks V1–V4 are Raman bands of α-quartz.

発表論文・関連論文：L. Skuja, N. Ollier, K. Kajihara, K. Smits, "Creation of glass-characteristic point defects in crystalline SiO₂ by 2.5 MeV electrons and by fast neutrons", J. Non-Cryst. Solids, 505, 252 (2019); L. Skuja, N. Ollier, 梶原 浩一, K. Smits, 2.5MeV電子線または高速中性子線照射したα-石英における非晶質性点欠陥の形成, 第66回応用物理学会春季学術講演会10a-W833-9

一般研究B(平成30年度)

「研究課題」 種々の先進材料の高密度エネルギー計測分野への応用

研究代表者：糟谷 紘一(応用ながれ研究所 & レーザー技術総合研究所)
共同研究対応教員：川路 均 教授

一 研究目的

東工大フロンティア材料研究所の汎用蒸着装置の加熱部(タングステンボート)を用いて、ナノ粒子薄膜を加熱し、光の波長976nmから538nmなどへの変換効率を調べて、温度変化による変換効率変化の詳細を明らかにしたい。これらの結果を生かして、極限状態材料の損耗破壊監視計測法や保全法の確立を目指す。本研究では、このための関連計測装置の準備と新規な方法の調査・提案を行った。

一 研究成果・効果

まずはじめに、室温の米国製や中国製の(純ナノ粒子成分からなる)市販材料を、半導体レーザー光により照射して、発光分光測定をし、近赤外光から可視光へのコヒーレント・アップコンバージョンを確認した。次に、加熱タングステン板上の同じ材料により同様の測定をしたが、顕著なコヒーレント・アップコンバージョンを確認できなかった。そこで、より低輝度の光でも波長変換効率の高い(ナノ粒子と他成分の混合体からなる)インコヒーレント材料を探るために、広範囲の文献調査をした。その結果、3種のインコヒーレントアップコンバージョン材料を見つけた。開発担当者にサンプル提供を依頼したが、3件とも、現在までの所提供許可は得られていないので、現在、最終例について素材を購入し、試みに自作する用意をしている。本研究の元々の目的は、高熱流束にさらされる高耐熱材料(例えばタングステン等)の表面観察による損耗・損傷破壊の予知や保全である。そこで、波長変換法以外の方法の可能性も考えた。例えば、新しい熱電変換材料の発見とその応用や、モスアイ材料の利用可能性の検討等である。蛾の眼(モスアイ)の構造に習った、光反射率低下・無反射コート層を、SiC、サファイア、ダイヤモンド、タングステン材料表面上に作成する方法の可能性を求めて、市販品見積書等の送付を電子メールにて依頼したが、応答はまだない。また、上記とは少々分野が異なるが、極短波長ナノ秒EUVレーザー光による材料損耗の、当グループの基礎的研究結果(国際共同研究結果)を、最新発表論文³⁾で公表した。

1. 糟谷 紘一ほか、電子ビーム照射による材料表面の高エネルギー密度入射損耗開始閾値の評価、九大応力共同利用研究成果報告書、平成29年度(第21号) pp. 196-197, 2018/ 2. 糟谷 紘一、川路 均ほか、波長変換による高熱流束測定、「原子分子過程研究等の高度化シナジー効果によるプラズマ科学の展開」、「原子分子データ応用フォーラムセミナー」合同研究会、平成30年12月19日-12月21日、核融合研/ 3. J.Straus, K.Kolacek, K.Kasuya et al, Response of plasma-facing materials to nanosecond pulses of EUV radiation. Laser and Particle Beams 1-15, <https://doi.org/10.1017/S0263034618000332> Cambridge Univ. Press. 2018.

一般研究B (平成30年度)

「層状バナジウムカルコゲナイドにおける巨大エントロピー変化と新奇基底状態」

研究代表者：片山尚幸 (名古屋大学大学院工学研究科)

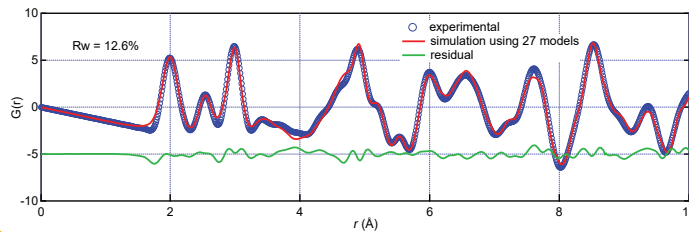
共同研究対応教員：笹川崇男

— 研究目的 —

二次元三角格子系 LiVO_2 と LiVS_2 では、低温でバナジウム三量体化を伴う金属-非磁性絶縁体転移が現れる。この相転移はそれぞれ、 14J/molK 、 8J/molK という極めて大きなエントロピー変化を伴っており、潜熱蓄熱材料をはじめとした応用の可能性を秘めている。この低温相の基底状態の構造はこれまでに理論予想があったものの、実験的には明らかにされていない。これを明らかにするのが本研究の目的である。

— 研究成果・効果 —

LiVS_2 、 LiVO_2 ともに、低温非磁性絶縁体相でバナジウムの三量体構造が短距離秩序として現れることを放射光X線回折と高エネルギーX線回折法を用いたPDF解析から明らかにした。特に、 LiVO_2 の三量体構造は1963年にJ. B. Goodenoughによって提案された50年来の理論予想を実験的に確かめた初めての例である。



左図: LiVO_2 の三量体化を仮定して解いたPDF解析の結果。実験データと非常に良い一致を見せている。

一般研究B (平成30年度)

「杭頭接合部および杭体の大地震時の変形性能評価手法の研究」

研究代表者：金子 治 (広島工業大学工学部建築工学科)

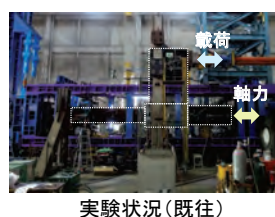
共同研究対応教員：河野 進

— 研究目的 —

杭基礎における杭体と上部構造の接合部であるパイルキャップは形状が複雑で、接合される部材の材料強度や材質が異なることが多く、応力伝達機構が複雑である。これまでの中小地震に対する設計においては剛接合と見なされ、杭体の設計のみが行われてきたが、大地震時に対する設計においては杭頭接合部の変形性能を含む構造性能を評価する必要がある。架構全体としての挙動を把握するための検討を実施した。

— 研究成果・効果 —

杭頭接合部を含む架構実験のシミュレーション解析の実施

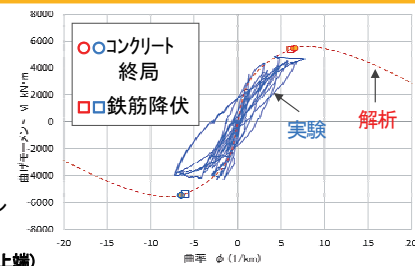


実験状況(既往)
杭径800mm(過去最大級の実験)



断面分割法によるシミュレーション解析

杭頭接合面(杭上端)
: 仮想断面で評価



実験と解析の比較(杭頭接合面)

⇒ 解析による評価の可能性を確認した

2021年度に日本建築学会から基礎構造部材の変形性能に関する書籍を刊行予定

一般研究B(平成30年度)

「トポロジカル絶縁体の量子ホール状態の普遍性研究」

研究代表者：金子晋久(国立研究開発法人 産業技術総合研究所)

共同研究対応教員：笹川崇男

研究目的

電気標準は精密科学だけでなく、精密・高性能なセンサの評価などものづくりにとっても重要である。抵抗の一次標準として用いられている量子ホール効果の普遍性について、過去様々な二次元電子系同士の相互比較による検証がされてきた。本研究では、近年注目を集めるトポロジカル絶縁体を用い、量子ホール効果の普遍性検証を目指す。単結晶育成・デバイスの作製および輸送測定を行う。

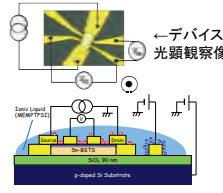
研究成果・効果

試料作製

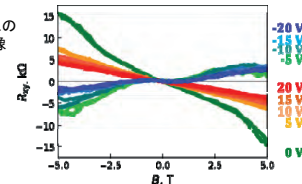
- トポロジカル絶縁体Sn-BSTS
高品質単結晶の育成・基礎評価

デバイス作製・測定

- Sn-BSTSデバイス作製・磁場中輸送測定
- 電界効果による輸送特性の制御
- 弱半局在効果による磁気抵抗の観測



デバイスの断面模式図



ゲート電圧により変調されたホール抵抗

本技術を利用することにより、量子ホール効果の実現に適したキャリア濃度の実現が可能となる。弱半局在の解析はトポロジカル絶縁体表面輸送の基礎理解につながると期待される。

口頭発表

- 三澤ら、「デュアルゲートデバイスによるトポロジカル絶縁体表面の磁気輸送特性制御」、第79回応用物理学会秋季学術講演会(2018年、名古屋)
- 三澤ら、「トポロジカル絶縁体 $\text{Sn}_{0.02}\text{Bi}_{1.08}\text{Sb}_{0.9}\text{Te}_2\text{S}$ における表面電子輸送特性のゲート制御」、日本物理学会 第74回年次大会(2019年、福岡)

一般研究B(平成30年度)

「衝撃波を利用した超高ひずみ速度変型下における降伏機構の解明」

研究代表者：川合伸明(熊本大学 パルスパワー科学研究所)

共同研究対応教員：中村一隆

研究目的

材料の強度特性は、顕著なひずみ速度依存性を示し、ひずみ速度が 10^5 /s以上にも達する衝撃圧縮下においては、静的な材料試験で得られる値の数倍も大きくなる。このような超高ひずみ速度変形における塑性変形ダイナミクスを検証するためには、km/sオーダーの衝撃波速度で伝播する格子ひずみの時間変化過程を理解する必要がある。本研究は、放射光パルスX線とハイパワーパルスレーザーを組み合わせたレーザー誘起衝撃圧縮下ナノ秒時間分解X線回折実験により、衝撃圧縮下の変形過程における格子ひずみ状態の時間変化過程を実験的に測定し、その変形機構を評価することを目的としている。

研究成果・効果

White light Laue measurement of shock compressed CaF_2 [100]

Sample: CaF_2 [100] t110 μm Laser: 16 J/pulse (11 ns) X-ray spot size: 450 x 250 μm
Ablator: PET film t25 μm Laser spot size: ϕ 500 μm dE/E: 15 %



図1. 2次元ラウエ回折像。図中の時間は試料全面に衝撃波が到達してから経過時間。

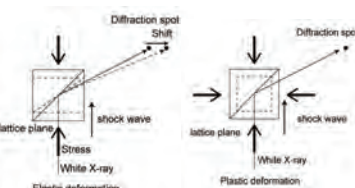


図2. 1軸変形および等方変形における白色ラウエ回折点の変化に関する模式図

衝撃波の伝播に伴い CaF_2 単結晶の格子ひずみが一軸ひずみ圧縮状態から等方圧縮状態に変化していく過程をナノ秒分解の2次元ラウエ回折像として捉えることに成功した。

一般研究B(平成30年度)

「免震構造物の極限挙動解析システムの開発」

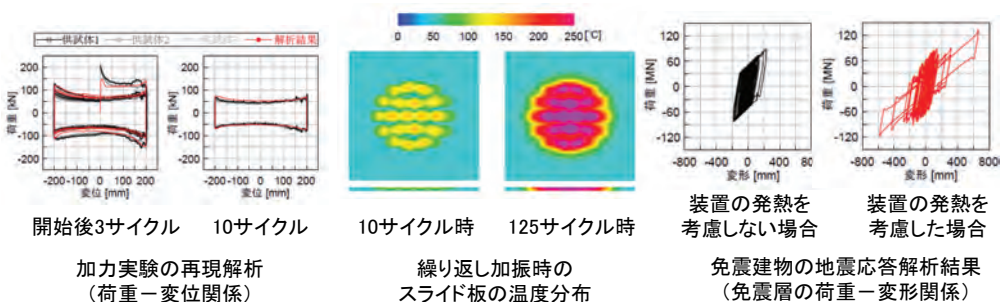
研究代表者：菊地 優(北海道大学 大学院工学研究院)

共同研究対応教員：吉敷 祥一

— 研究目的 —

本研究は、過大な地震入力に対する免震構造物の極限挙動を追跡するために、解析技術を高度化することを目的とする。米国UC Berkeleyで開発・運用されているオープンソース構造解析システムOpenSeesをプラットフォームとして、解析システムの開発を行うことで、研究成果の世界展開を図る。今年度は、長周期・長時間地震動の作用下における弾性すべり支承の力学特性変化に着目した。

— 研究成果・効果 —



菊地ほか：複数枚のすべり材を使用した弾性すべり支承の熱・力学連成挙動(その1～3), 日本建築学会大会(東北)学術講演梗概集, 2019.9.(投稿済)

一般研究B(平成30年度)

「アモルファス酸化物半導体の電子構造解析と新規応用提案」

研究代表者：木村睦(龍谷大学 理工学部 電子情報学科)

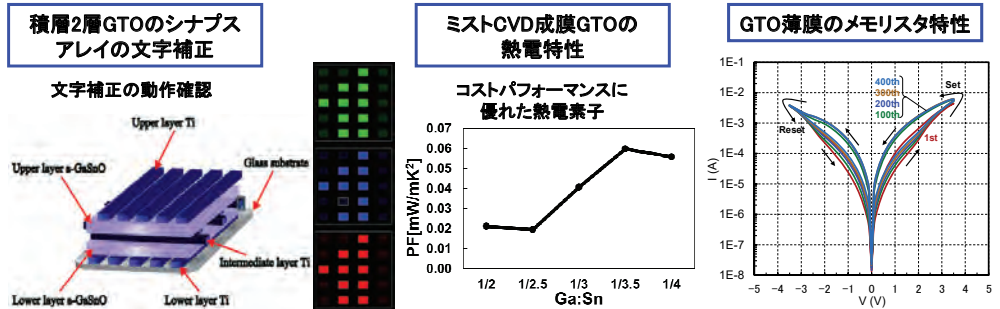
共同研究対応教員：神谷 利夫

— 研究目的 —

IGZOのみならずGTOなどといった新規AOSも含めて、脳型集積回路を試作し、動作を確認

熱電素子やメモristaへの新規応用提案

— 研究成果・効果 —



こちらの欄には、URLや掲載論文等PRしたいものがある場合は自由にご記載ください。

発表論文：S. Sugisaki, M. Kimura, Memristive Characteristic of an Amorphous Ga-Sn-O Thin-Film Device, Scientific Reports, to be published

招待講演：M. Kimura, Brain-like Integrated System using Thin-Film Devices, Brainware LSI, 1, 2019

招待論文：M. Kimura, Emerging Applications using Metal-Oxide Semiconductor Thin-Film Devices, Jpn. J. Appl. Phys., to be published

一般研究B(平成30年度)

「接合部降伏する鉄筋コンクリート造骨組の非線形地震応答解析」

研究代表者：楠原文雄(名古屋工業大学)

共同研究対応教員：河野進

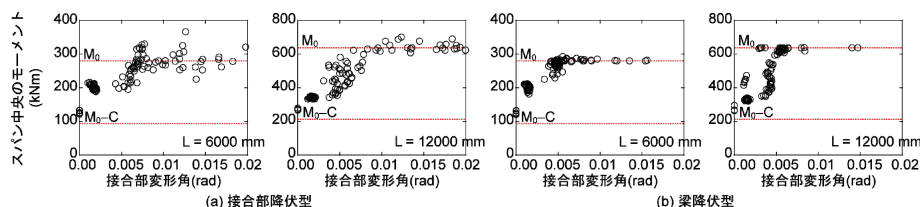
— 研究目的 —

接合部降伏破壊が生じる鉄筋コンクリート骨組では柱梁接合部の損傷に生じる。この柱梁接合部の損傷により接合部パネルの一体性が失われて梁端の固定度が低下し、梁のモーメント分布が変化する。地震応答解析により柱梁接合部の損傷と梁のモーメント分布の関係を明らかにする。

— 研究成果・効果 —

・地震動の入力倍率が大きくなり応答層間変形角が増加するとともに、梁端部のモーメントは減少し、梁中央のモーメントは増加する。地震動の入力倍率0.2程度からこのモーメント分布の変化は生じる。

・地震時に生じる最大の接合部変形角が0.5%程度を超えると梁端の固定度が著しく低下し、地震終了後の梁のモーメント分布は両端をピンとした単純梁のモーメント分布に近づく。



一般研究B(平成30年度)

「ゲルマニウムスズ薄膜のフォノンドラッグ熱電能に関する研究」

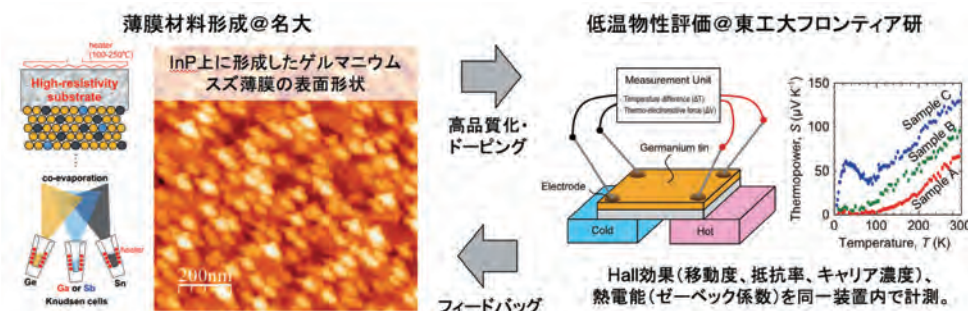
研究代表者：黒澤 昌志(名古屋大学 大学院工学研究科 物質科学専攻)

共同研究対応教員：片瀬 貴義

— 研究目的 —

IoT社会実現には、メンテナンスフリーなセンサモジュール(即ち、省エネ+創エネ)が必須である。本共同利用研究では、創エネ方法として「熱発電」にフォーカスし、低温物性の理解が進んでいない新しいIV族熱電材料(ゲルマニウムスズ: $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$)の基礎物性を実験的に明らかにすることを目的とした。低温物性評価@フロンティア研で明らかとなる知見を結晶成長@名大にフィードバックし、フォノンドラッグ熱電能の出現可能性を探索した。

— 研究成果・効果 —



一般研究B(平成30年度)

「2方向水平力を受けるせん断パネル型鋼製ダンパーおよび 周辺部材の力学的挙動」

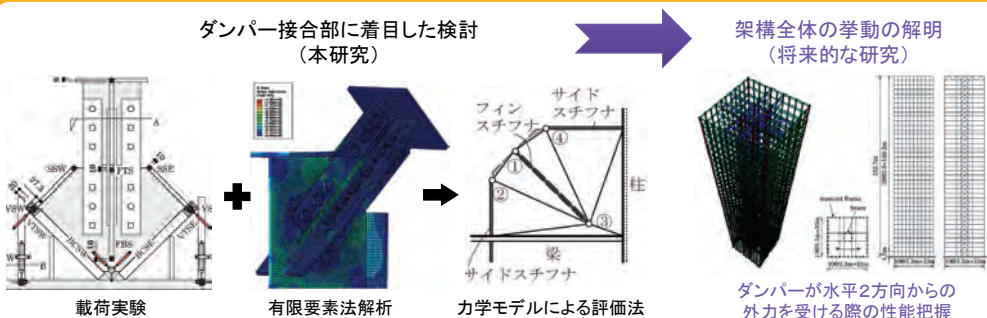
研究代表者：聲高裕治(京都大学)

共同研究対応教員：吉敷祥一

— 研究目的 —

ダンパーが水平2方向からの外力を受ける際の性能を解明するためには、ダンパー単体の力学的挙動だけではなく、周辺部材の力学的挙動を把握する必要がある。本研究では、ダンパーの接合部が構面外に外力を受ける際の力学的挙動(弾性剛性と耐力)の把握を目的としている。さらに、これらの力学的挙動の評価法を提案し、将来的には、ダンパーが水平2方向からの外力を受ける際の性能の把握を目指している。

— 研究成果・効果 —



発表論文・関連論文：西山恒平、聲高裕治、戸張涼太、吉永光寿、木下智裕：十字形断面を有する座屈拘束ブレース接合部の構面外曲げ剛性、日本鋼構造協会鋼構造年次論文報告集、第26巻、pp.212-219、2018.11

一般研究B(平成30年度)

「新規磁石の超高密度化に関する技術開発」

研究代表者：小林 斉也(株式会社 Future Materialz)

共同研究対応教員：東 正樹

— 研究目的 —

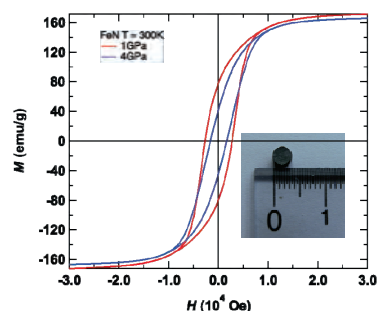
弊社製新規磁石材料に対し、東教授が構築してきた超高圧加圧法を用いて、超高密度に充填された磁石成型体の作製技術を構築し、これの、微細構造解析や、磁気特性評価を行う。加圧時の圧力及び温度による成型体密度とこれら微細構造等との相関を明らかにしていく。GPaオーダーを用いることによって従来の磁石成形として考えられる圧力以上での挙動を理解していく。

— 研究成果・効果 —

一般的な磁石成形に用いる装置以上に加圧できる超高圧加圧法を用いることにより、従来以上の成型体密度を持った磁石成型体を得ることができた。弊社新規磁石材料の粉末粒子は50-100nmと細かく嵩高いため、成型体密度を向上させることが難しかった。超高圧加圧法により、70vol%程度だった成型体密度は80vol%程度と大きく向上した(成型体は、右図中の差込図)。

一方、磁気特性からは、成形時の圧力が大きくなることにより、 $M-H$ 曲線のヒステリシスは小さくなり、飽和磁化 M_s もわずかに低くなったことから、成形圧力の上限の存在が示唆された。

今後、Spring-8での放射光スペクトル測定を行い、結晶微細構造及び磁気特性の圧力依存性に関して検討を継続する。



一般研究B(平成30年度)

「研高分極性イオンを含有した透明酸化物ガラスの低光弾性と短・中距離構造」

研究代表者：斎藤 全(愛媛大学 大学院理工学研究科)

共同研究対応教員：細野 秀雄

一 研究目的

非常に小さい光弾性定数を有し、かつ透明な酸化物ガラスの開発と、分光的手法を用いた関連するミクロ構造の特定を目的とした。具体的には、 ns^2 型の電子配置を有する高分極性イオンを含むリン酸、ケイ酸塩ガラスにおいて、光弾性定数が非常に小さいガラス構造の特徴を調査した。

一 研究成果・効果

本共同研究利用で取得した4元系 $ZnO-SnO-P_2O_5-B_2O_3$ ガラスと、2元系 $R_2O_3-SiO_2$ ($R = Pb, Bi, Sb$)ガラスの核磁気共鳴スペクトルを解析した結果、前者のリン酸塩ガラスでは、光ファイバーへ線引き加工される前のブリフォームガラスと、光ファイバーガラスのネットワーク構造に差は見られなかった。線引き時に発生する熱応力、機械的応力に関係なく、光弾性定数が非常に小さい特性を光ファイバーでも保持していることが予想される。一方、後者のケイ酸塩ガラスでは、光弾性定数が非常に小さい組成においても、ゼロ光弾性機能を発現するような特徴的なネットワーク構造は有せず、非架橋酸素を1-2個含んだ SiO_4 四面体構造が組成に対して、連続的に変化している結果を得た。酸化物ガラスの光弾性定数を決定する主要因は、酸素、および ns^2 型高分極性イオンの電子分極率であることが、構造解析結果より示唆される。

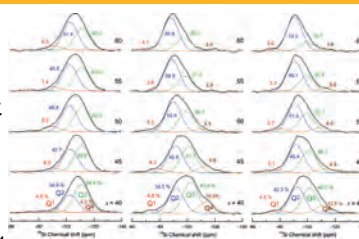


Figure 2: ^{29}Si MAS-NMR spectra of (a) $xSb_2O_3-(100-x)SiO_2$, (b) $xPbO-(100-x)SiO_2$, and (c) $xBi_2O_3-(100-x)SiO_2$ glasses ($x = 40, 45, 50, 55$, and 60 mol%) with the Q^n fraction recorded at 7.0 T.

発表論文：Characterization and structure of a fiber of $BaO-SnO-P_2O_5-B_2O_3$ glass with a very small photoelastic constant; A. Saitoh, M. Itadani, S. Kitani, S. Matsushita, M. Sasaki, H. Kawaji, H. Hosono, and H. Takebe, Japanese Journal of Applied Physics, Rapid Communication 57, 080301-080303 (2018).

一般研究B

「補強された薄平板の面内せん断に対する非線形挙動」

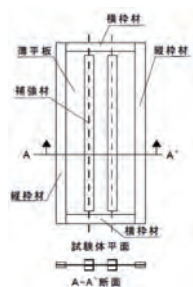
研究代表者：薩川 恵一(愛知工業大学)

共同研究対応教員：吉敷 祥一

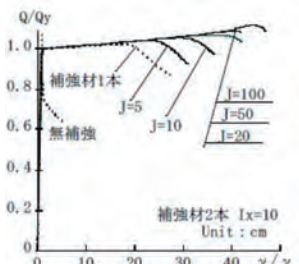
一 研究目的

制振パネル及び耐震壁としての活用を目指し、せん断荷重作用下での幅厚比の大きな金属薄平板が安定した塑性変形能力を有するための補強方法を提案する。そして同補強が必要とされる平板の四辺端及び平板内に平板長辺と並行に配置した矩形板の必要剛性を明らかにすることを目的とする。

一 研究成果・効果



薄平板の補強方法



荷重変形関係

研究成果

本研究では金属薄平板が安定した塑性変形能力を得るために平板周辺の枠、また並列に並べた矩形板の必要剛性を数値解析により明らかにした。さらに、幅厚比の大きな平板が塑性変形能力を向上させるには、平板の面内剛性が必要であることがわかった。面内剛性には平板の面外変形を抑制する効果がある。平板周辺の枠補強、面内の補強材ともに断面二次モーメントとねじり剛性がある必要量があることがわかった。

発表論文・関連論文：平田博宗, 薩川恵一, 吉敷祥一：枠材の剛性・耐力がせん断パネルの力学挙動に及ぼす影響 その4、日本建築学会学術講演梗概集, 2018.9

一般研究B(平成30年度)

「バルク固体のコヒーレントフォノン計測」

研究代表者：鹿野 豊(慶應義塾大学)

共同研究対応教員：中村 一隆

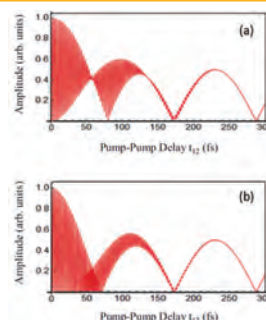
— 研究目的 —

10fs の超短パルスレーザーでは、ダイヤモンドのコヒーレントフォノンを計測し、量子メモリの指標として重要なコヒーレンス時間を計測することを目指す。また、30fs の超短パルスレーザーでは、GaAs の電子励起状態とコヒーレントフォノンの結合が過渡反射率測定から信号として見えており、その解釈と透過率測定を含めた誘電率測定を同時に行うことを目標とする。

— 研究成果・効果 —

30fs 超短パルスレーザーを用いたGaAsのコヒーレントフォノン計測においては、平成29年度の共同利用研究において冷凍機を低振動化に成功しており、10K程度まで温度依存性を計測できるようにセットアップを行った。この実験準備のもとで、パルス強度依存性およびパルス幅依存性をそれぞれ計測し、研究代表者が共同研究者の中村、萱沼と共に出版したコヒーレントフォノン生成に関する理論論文の実験的検証を進め、n型 GaAs におけるコヒーレントフォノンの生成過程について実験的に同定することが出来た。この論文は現在投稿中である。

右図はメカニズムの違うLOコヒーレントフォノンのダイナミクスを示しており、実験では、上図のような結果を得ていることからメカニズムを同定することが出来たと考えている。



一般研究B(平成30年度)

「ハフニア系セラミックスの物性評価」

研究代表者：篠田 豊(宇部工業高等専門学校 機械工学科)

共同研究対応教員：若井 史博

— 研究目的 —

炭化ケイ素(SiC)を高温低酸素分圧下や高温水蒸気環境下等の過酷な環境から保護し、広範囲の条件下で使用するには耐環境性コーティングが不可欠である。本研究では、微細結晶粒組織を有する緻密なHfO₂系セラミックスを作製し、力学特性を中心とした基礎物性を調査し、SiC耐環境性コーティングのための膜設計の指針を得ることを目指す。

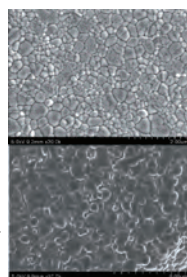
— 研究成果・効果 —

HfO₂系セラミックスの作製

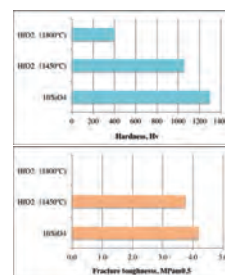
放電プラズマ焼結(SPS)により、100MPaの高圧力を負荷し、HfO₂の単斜晶と正方晶変態温度(1720°C)以下の1450°Cで緻密かつ、サブミクロンの微細結晶粒組織を有するHfO₂セラミックスを作製した。また、HfSiO₄粉末を合成し、SPSにより緻密で結晶性の良いHfSiO₄セラミックスの作製に成功した。

力学特性評価

HfO₂系バルクセラミックスの硬さ試験を行い、比較的良好な硬さと靱性を有することを明らかにした。今後、これらのバルク体を用いて熱的、機械的特性評価、高温低酸素分圧下での酸化試験等を行うことで、SiCの耐環境性コーティング膜設計の指針が得られるものと思われる。



SEM micrographs of SPSed (a) HfO₂ and (b) HfSiO₄ ceramics.



Hardness and fracture toughness of HfO₂ and HfSiO₄ ceramics.

一般研究B(平成30年度)

「風外力に対する鉛プラグ入り積層ゴム支承の復元力特性に関する研究」

研究代表者：白山 敦子(大阪工業大学)

共同研究対応教員：佐藤 大樹

一 研究目的

近年、超高層建物に免震装置を設置する事例が増えている。建物の高層化に伴い、免震装置設計時の荷重は、地震荷重と風荷重が拮抗し、耐震性能のみならず耐風性能に関する検討も必要である。さらに、鉛プラグ入り積層ゴム支承は、減衰特性を持つため、クリープ特性を示し、風荷重時には時間と共に変形が増大し、残留ひずみが生じる。本研究では、鉛プラグ入り積層ゴム支承に着目し、クリープ特性を考慮した風外力に対する復元力モデルを提案し、解析結果と実験結果を比較・検討することで解析モデルの妥当性を検証し、設計時の指標となるデータを提供することを目的とする。

一 研究成果・効果

解析モデルは、図1に示すような、パネとダッシュポットが並列に組み合わされているVoigtモデルとし、一定応力を与えることで、クリープ特性を表現する。

鉛プラグ入り積層ゴム支承(ゴム外径225mm、プラグ径45mm、ゴム層厚1.8mm×25層)のせん断応力が $0.15 \pm 0.15 \text{ MPa}$ と $0.226 \pm 0.226 \text{ MPa}$ 時における解析結果と実験結果の比較を図2、図3に、あわせて設定したパラメータ値をそれぞれ示す。なお、実験結果は水平繰返し載荷試験である。

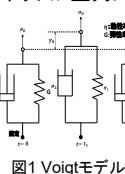
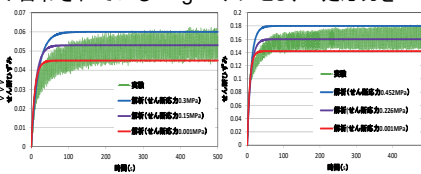


図1 Voigtモデル



(a) せん断ひずみの時刻歴

応力 σ (Mpa)	弾性率G (kN/mm)	遅延時間 λ (s)
0.3	5	18.3
0.15	2.83	12.4
0.001	0.022	9.1

(b) パラメータ

図2 $0.15 \pm 0.15 \text{ MPa}$

応力 σ (Mpa)	弾性率G (kN/mm)	遅延時間 λ (s)
0.452	2.51	9.96
0.226	1.412	9.42
0.001	0.007	6.54

(b) パラメータ

図3 $0.226 \pm 0.226 \text{ MPa}$

これらの図より最大せん断ひずみ値は、概ね一致しているが、80秒付近の値の差異が大きい結果となった。この要因として、実験は、荷重制御の繰返し載荷試験のため、積層ゴム支承の発熱・温度上昇による剛性低下、せん断ひずみの増大が発生しており、本研究の解析モデルでは、その効果を考慮できていないことが考えられる。

一般研究B(平成30年度)

「キノイド型縮環オリゴシロールを用いた単分子電子デバイスの開発」

研究代表者：新谷 亮(大阪大学 大学院 基礎工学研究科)

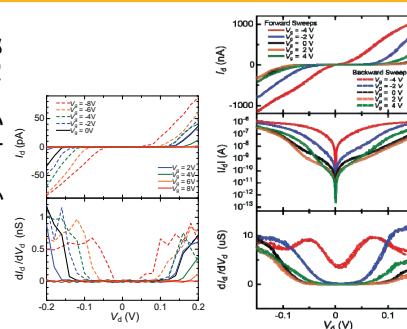
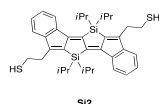
共同研究対応教員：真島 豊

一 研究目的

単分子デバイスは、その小さなサイズと低い消費電力からナノテクノロジーを支える次世代の電子デバイスとして期待されており、空気下帯電状態で再現よく動作するデバイスの構築のためには、安定性に優れた π 共役有機化合物の開発・利用が必要である。本共同研究では、代表者が最近開発した新しい有機合成の手法をもとに、精密に構造制御された新規単分子有機材料を創製し、その半導体特性の発現と機能の向上を目的とする。

一 研究成果・効果

デバイス作製の候補化合物として、ケイ素架橋 π 共役化合物Si2に加えて新たにSi2x2を選び、これらの両端にアルカンチオール部位を持たせて半球状無電解金めっき白金ナノギャップ電極に固定化した。その結果、Si2が9 Kにおいて単分子トランジスタとして動作することを見出し、 I_d - V_g 特性におけるゲート電圧依存性と、高いon/off比を観測した。一方、Si2x2はその両端のチオール部分でナノギャップ電極間を架橋する構造をとり、9 Kにおける I_d - V_g 特性は $V_g = 0$ を中心に対称であり、高い電流値と、ゲート電圧への明らかな依存性を示し、架橋型単分子共鳴トンネルトランジスタとして動作していることが示唆された。



Si2

Si2x2

一般研究B(平成30年度)

「高い耐震性を有する鋼構造無溶接接合システムの開発」

研究代表者：多賀謙蔵(神戸大学大学院工学研究科 建築学専攻)

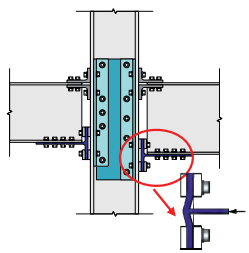
共同研究対応教員：吉数祥一

— 研究目的 —

頻発する地震災害に対して都市のレジリエンス(回復力・強靭さ)を向上させるために、都市において多数を占める中低層建築物に損傷が生じた場合にも早期に補修を行うことができ、機能が停止する期間を最小限にとどめることができる低コストの架構システムを開発することを研究目的とする。

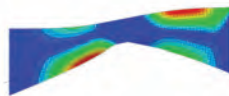
— 研究成果・効果 —

提案構法(接合部)の概念



- ・積極的に塑性化させる接合部品
- ・大地震後、接合部品のみの取り換えで建物の継続使用可能

有限要素解析による塑性化領域拡大状況の予測



2019年度の科研費
基盤研究(B)に応募

接合部品の試作



(一般的な加工機による切削)

一般研究B(平成30年度)

「コランダム形構造を示す $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$ 固溶体の磁化率測定と低温相転移」

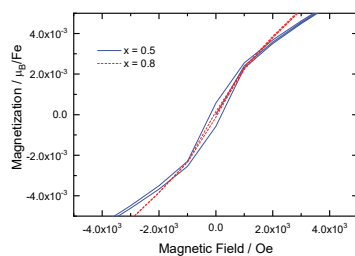
研究代表者：高井茂臣(京大院エネ科)

共同研究対応教員：川路 均

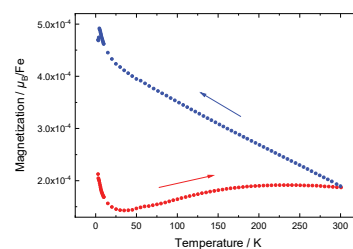
— 研究目的 —

メカノケミカルな手法により合成した $(\text{Fe}_2\text{O}_3)_{1-x}(\text{Al}_2\text{O}_3)_x$ 固溶体の磁化率測定を行い、室温でのヒステリシスおよび磁化率の温度依存性から、FeをAlで希釈することによる磁性の変化を明らかにすることを目的とした。ヒステリシス測定では、スピン相互作用が希薄になり常磁性的な振る舞いをする組成について、温度依存性では、 $x = 0.5$ における極低温の熱異常に対応する相転移現象に着目した。

— 研究成果・効果 —



室温でのM-H測定の結果、 $(\text{Fe}_2\text{O}_3)_{1-x}(\text{Al}_2\text{O}_3)_x$ で $x = 0.5 \sim 0.8$ の領域で強磁性の特徴が失われることがわかった。



ゼロ磁場冷却後に測定した磁化率の温度依存性では、冷却方向で4.5 K付近に磁化率の異常が観測された。これは熱容量測定でみられた相転移に関与するものと考えられた。

一般研究B(平成30年度)

「ペロブスカイト型酸化物蛍光体Pr添加CaSrTiO₃薄膜の紫外線侵入長の実験的検討」

研究代表者：高島 浩(国立研究開発法人産業技術総合研究所)

共同研究対応教員：伊藤 満

研究目的

紫外線励起による蛍光は、太陽電池の効率を向上させる波長変換デバイスやセキュリティとして紙幣やパスポートにも広く利用されていることが知られている。今回、セキュリティとして利用される蛍光体の長期耐久性、環境負荷低減、希少金属の利用料低減に着目し、励起光として用いる紫外線が、薄膜中に侵入する深さを蛍光体薄膜の膜厚をパラメータとして各膜厚の強度を調べ、その相関について実験的に検証を行った。紫外線の侵入限界を調べることで、紫外線強度を固定した際、最強の蛍光強度を得るための膜厚が決定される。この結果、膜厚の最大が決定されるため蛍光体の発光中心に用いている希少金属の利用料低減に資する。

研究成果・効果

薄膜はパルスレーザー堆積法(PLD)によって作製した。10mm×10mm×厚み0.5mmの片面研磨SrTiO₃(001)単結晶基板上に、化学両論組成のPr-Ca_{0.8}Sr_{0.4}TiO₃をセラミックスターゲットとし、基板温度700°C、酸素圧10Paで成長を行った。膜厚は約50,100,200,500nmである。XRDおよびRHEEDによって(001)方向に配向したエピタキシャル薄膜であることを確認した。X線φスキャンにより90° 毎のピークを確認し面内配向を確認し結晶性に優れた単結晶的薄膜であることが分かった。両面研磨SrTiO₃(001)単結晶基板を用いて透過率を調べた。その結果、透過率は波長550nmで約70%であることを確認した。Fig.1に各膜厚サンプルに対する蛍光強度をプロットした図を示す。測定には日本分光の分光蛍光光度計FP-6500を用い、測定条件は全て同一として測定を行った。膜厚がゼロで蛍光強度はゼロであり、膜厚が厚くなるに伴い蛍光強度は増加し、おおよそ膜厚200nmで蛍光強度が最大値となり、膜厚500nmでは飽和していることが分かる。この結果、紫外線の侵入長は約200nmであることが分かる。最大の蛍光を得るには膜厚200nmが最適であることが分かった。

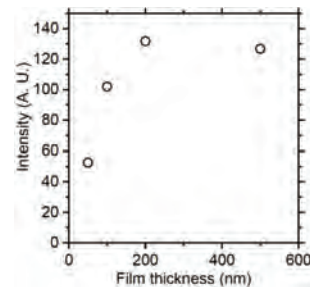


Fig.1. Thickness dependence of the photoluminescence-peak intensity for the PCSTO films

一般研究B(平成30年度)

「負熱膨張材料の微粒子化」

研究代表者：竹中康司(名古屋大学)

共同研究対応教員：東正樹

研究目的

研究代表者の発見した巨大負熱膨張を示すマンガン窒化物を1μm程度の微粒子にして、電子デバイスはじめ、産業の広い分野に存在する局所領域の熱膨張制御の強い要望に応える。あらかじめ微粒子化による特性変化を見込んで出発組成をずらすことで、望みの機能を有する微粒子を作製する。また、X線構造解析や電子顕微鏡観察等により、微粒子化による特性変化の起源を明らかにして、特性最適化に役立てる。

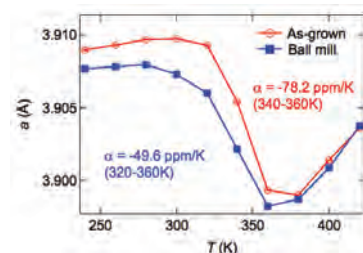
研究成果・効果

負熱膨張性微粒子の実現

- ・微粒子化にともなう特性変化を見込んで組成をずらす
Sn置換量を減じ、N欠損を増やす
- ・湿式ボールミル粉砕により、~2μm程度まで微粒子化
- ・室温域で大きな負熱膨張を維持

微粒子化にともなう特性変化の起源

- ・微粒子化しても化学組成や平均的な格子定数は変化せず
- ・電子顕微鏡観察により、小さい粒で格子歪の導入を確認



X線回折実験から見積もったMn₃Ga_{0.9}Sn_{0.1}N_{0.1}粗粉末(~30 μm; 赤)と微粒子(~2 μm; 青)の格子定数温度変化。

成果の口頭発表：尾関将樹, 竹中康司, 東正樹他, 日本物理学会第74回年次大会 (2019.3, 福岡) 16pS303-5
関連発表論文：K. Takenaka, N. Inoue, Y. Mizuno, Y. Okamoto, N. Katayama, Y. Sakai, T. Nishikubo, and M. Azuma
Applied Physics Letters 113 (2018) 071902 (5 pages)

一般研究B(平成30年度)

「パウダープロセッシングの異方性焼結機構に関する研究」

研究代表者：田中 諭(長岡技術科学大学)

共同研究対応教員：若井 史博

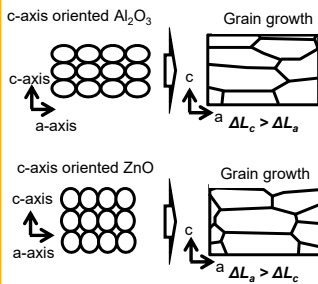
— 研究目的 —

結晶配向成形体を用いて焼結の初期から終期まで異方的な焼結収縮挙動、各焼結温度での微構造発達および配向評価を行い、異方性焼結過程に関する知見を得ることを目的とする。

— 研究成果・効果 —

結晶配向成形体の異方性焼結

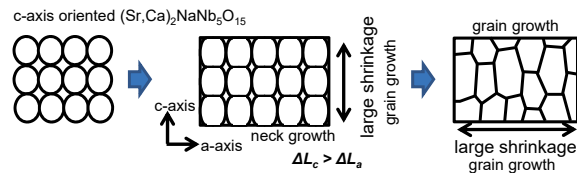
これまでの例



C軸配向 $(\text{Sr,Ca})_2\text{NaNb}_5\text{O}_{15}$

焼結とともにc軸方向の焼結収縮、粒成長が観察
このとき配向性も上昇

次にa軸方向の焼結収縮、粒成長が観察



機能向上のための微構造制御に有効

発表論文：S. Baba, A. Maître, N. Pradeilles, G. Antou, S. Tanaka, "Graded evolution of anisotropic microstructure during sintering from crystal oriented powder compact", to be submitted.

一般研究B(平成30年度)

「RC造建築物の継続使用性評価に資する曲げおよびせん断性状のモデル化の精度向上」

研究代表者：谷昌典(京都大学)

共同研究対応教員：河野進

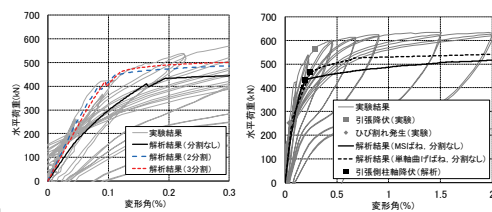
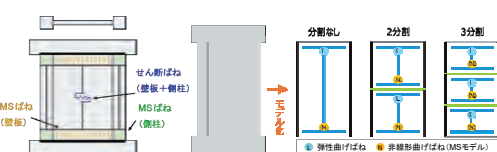
— 研究目的 —

RC造部材、特に耐震壁部材の曲げ挙動およびせん断挙動の評価手法に関する既往の研究を調査し、評価手法の現状および問題点を取りまとめる。さらに、ひび割れや鉄筋降伏の実現象が発生する時の変形に着目し、既往の実験結果に基づいて有限要素解析や断面解析を用いて評価手法の妥当性を検証するとともに、予測精度の向上を図ることを目的としている。

— 研究成果・効果 —

過去に共同研究で実施したRC造耐震壁の実験結果に対して、壁板の曲げバネと軸バネおよび側柱の軸バネをMS(Multi-Spring)ばねに置換した3本柱モデルを適用

- 解析による剛性、耐力の予測精度を検証
- 柱・壁板の各部材の挙動を分析



片持ち試験体(BC40)

一般研究B(平成30年度)

「充填ゼオライト型酸化物による新規機能性材料の開発」

研究代表者：谷口博基(名古屋大学大学院理学研究科物質理学専攻(物理系))

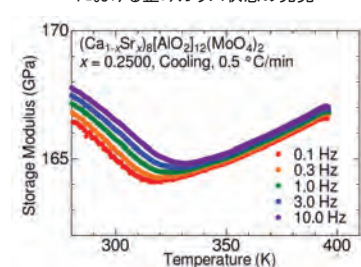
共同研究対応教員：安井伸太郎

— 研究目的 —

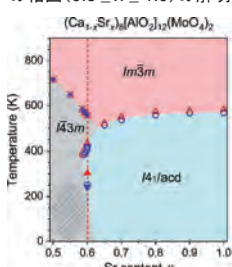
地殻に豊富に存在する高クラーク数元素の酸化物(ユビキタス酸化物)に着目し、新たな機能性材料の開発に取り組む。特に本研究では申請者のこれまでの成果に基づいて、充填ゼオライト型酸化物に着目した新しい機能性誘電体の探索を実施する。本研究の成果によって、優れた機能性と高い環境親和性を共に備えた革新的な酸化物誘電体材料の創出が見込まれる。

— 研究成果・効果 —

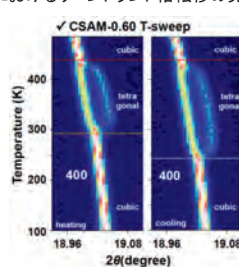
$(\text{Ca}_{0.75}\text{Sr}_{0.25})_8[\text{AlO}_2]_{12}(\text{MoO}_4)_2$
における歪みガラス状態の発見



$(\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x)_8[\text{AlO}_2]_{12}(\text{MoO}_4)_2$
の相図 ($0.5 \leq x \leq 1.0$) の解明



$(\text{Ca}_{0.40}\text{Sr}_{0.60})_8[\text{AlO}_2]_{12}(\text{MoO}_4)_2$
におけるリエントラント相転移の発見



発表論文・関連論文：Structural phase transitions and possibility of the relaxor-like state in improper ferroelectric strontium-substituted calcium sulfoaluminate
T. Wakamatsu, G. Kawamura, T. Abe, S. Kawaguchi, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, M. Itoh, I. Terasaki, and H. Taniguchi
J. Phys. Soc. Jpn 88 (2019) 034718.

一般研究B(平成30年度)

「メタ磁性転移を示すナノ構造における磁気特性とスピン輸送」

研究代表者：谷山智康(名古屋大学 大学院理学研究科 物質理学専攻)

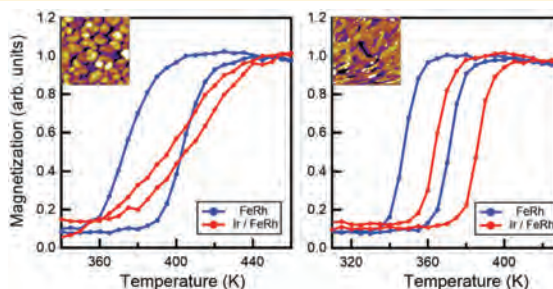
共同研究対応教員：伊藤満

— 研究目的 —

HfやTa等の重元素薄膜を被覆することでFeRh薄膜の界面強磁性秩序が安定化されること、さらにはRhサイトをIrで置換することで、磁気異方性に変調されることが第一原理計算により報告されている。このような理論的研究の背景のもと、本研究では、スピントロニクス応用が期待されるFeRh規則合金薄膜の表面にPd, Pt, Ir等の重元素薄膜を被覆することで磁気特性を実験的に制御するための指針を得ることを目的としている。

— 研究成果・効果 —

FeRh規則合金薄膜の磁性について、Pd, Pt, Ir金属薄膜の被覆効果を実験的に検討した。その結果、被覆効果が強磁性-反強磁性転移温度を上昇させることが明らかとなった。特に、Ir薄膜を被覆した際にその効果が顕著となった。さらに、被覆効果は、被覆前のFeRh薄膜のモフォロジーに大きな影響を受け、FeRh薄膜がグラニューラ構造を持つときに、磁気転移が散漫になり、一次転移の温度履歴幅が減少する傾向が観測された。以上の結果から、界面被覆効果を利用した磁気特性制御の指針が提示された。



Ir薄膜を被覆したFeRhの磁化の温度依存性とモフォロジー効果

Web Page : <https://www.j-group.phys.nagoya-u.ac.jp>

一般研究B(平成30年度)

「超高速充放電二次電池に向けた強誘電体—活物質ナノ積層正極膜の開発」

研究代表者：寺西貴志(岡山大学)

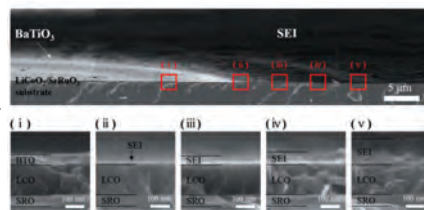
共同研究対応教員：安井伸太郎

— 研究目的 —

これまで、パルスレーザ堆積法(Pulsed Laser Deposition, PLD)を用いて強誘電体BaTiO₃(BTO)を人工的な固体電解質界面(SEI)として、活物質LiCoO₂(LCO)上に積層させた二次元正極膜を作製し、リチウムイオン二次電池の出力特性を大幅に改善している。本年度は、誘電体界面を担持させることで誘電体—活物質—電解質の三相界面近傍において活性なLi移動パスが形成される、という推定改善メカニズムを実験的に検証することとした。

— 研究成果・効果 —

LCO上に強誘電体BTOの100μm角パターニング膜を堆積させ、充放電後の自然形成SEIの生成状態を確認した。BTOから離れるほどLCO上においてSEIがより顕著に成長した。活物質表面で酸化還元を伴う電気化学反応に遅れが生じ、それにより染み出した電子が電解液を還元アタックし、結果、電解液の分解生成物として自然形成SEIが活物質表面に堆積すると考えられている。本研究においても、BTOから十分離れたLCO上、すなわち通常の活物質表面では上記の反応が生じたものと考えられる[図(v)]。一方、着目すべきはBTO—電解液—LCOの三相界面において、明らかに自然形成SEIの生成が抑制されているということである[図(ii)]。通常、充放電に伴う酸化還元反応がアクティブになると、電解液に染み出す電子濃度は高まると考えられるが、今回の結果はこの予想とは異なるものであった。すなわち、三相界面近傍において酸化還元反応は活発であるものの、その反応活性化エネルギーは分極効果によりLCO表面に比べ低下されたことで、結果、電解液への染み出し電子がむしろ抑制できていると解釈された。三相界面において活性なLiイオン移動パスが存在することが実験的に検証されたと言える。



発表論文・関連論文：[1] T. Teranishi et al., *Appl. Phys. Lett.* **105**, 143904 (2014). [2] T. Teranishi, S. Yasuhara, S. Yasui, M. Itoh et al., *Adv. Electron. Mater.* **4**, 1700413 (2018). [3] S. Yasuhara, S. Yasui, T. Teranishi, M. Itoh et al., *Nano Lett.* **19**, 1688 (2019).
2019.3.6東工大・岡山大共同プレスリリース <https://www.titech.ac.jp/news/2019/043711.html>

一般研究B(平成30年度)

「室温駆動単電子トランジスタの開発」

研究代表者：寺西利治(京都大学)

共同研究対応教員：真島豊

— 研究目的 —

本研究では、室温で動作する単電子トランジスタの創製を目指し、寺西研究室において導電性の高い(トンネル抵抗の低い)有機配位子を合成し、この配位子で表面修飾したAu原子25個からなるAu₂₅クラスターを合成する。次に、Au₂₅クラスターを上記ナノギャップ電極間に化学結合により配置することにより、Au₂₅クラスターをクーロン島とした単電子トランジスタを作製し、常温動作単電子トランジスタを実現する。

— 研究成果・効果 —

二種類の配位子を有するAu₂₅クラスターの合成



単電子トランジスタの室温動作を実現するため、導電性ならびにナノギャップ電極への化学結合を考慮した二種類の配位子(a)を有するAu₂₅クラスター(b)を合成し、約2 nmのギャップ長をもつPtベースのナノギャップ電極のクーロン島として用いることにより、160 Kまでの安定動作を確認した。配位子の化学構造やAuコアの構造を再検討することにより、室温駆動単電子トランジスタの創製が期待される。

発表論文・関連論文：Y. Y. Choi, T. Teranishi, and Y. Majima, *Appl. Phys. Exp.* **2019**, *12*, 025002.

一般研究B(平成30年度)

「ペロブスカイト酸化物極薄膜の磁気摩擦定数の界面キャリア注入効果」

研究代表者：永沼博(東北大学)

共同研究対応教員：安井伸太郎

研究目的

本研究ではパルスレーザー一体積法およびスパッタ法をもちいてペロブスカイト酸化物であるLSMOエピタキシャル膜を単結晶基板上に作製する製膜条件を確立し、磁気摩擦定数の膜厚依存性の起源について解明することを目的とする。尚、単結晶基板には SrTiO_3 、 $(\text{LaAlO}_3)_{0.3}-(\text{SrAl}_{0.5}\text{Ta}_{0.5}\text{O}_3)_{0.7}$ 、 NdGaO_3 の3種類を用いて、LSMOに印加される応力の影響についても調べる。

研究成果・効果

スパッタ法の場合、酸素をアルゴンに加えた混合ガスとしてLSMOを製膜しても磁気転移温度がバルク値より低く室温以下であった。そこで、製膜後に大気中で熱処理を行ったところ磁気転移温度が室温以上となった。また、大気中で熱処理を行ったにもかかわらずLSMO膜表面は原子レベルで平坦となっていた。LSMO膜のX線構造解析から SrTiO_3 、 $(\text{LaAlO}_3)_{0.3}-(\text{SrAl}_{0.5}\text{Ta}_{0.5}\text{O}_3)_{0.7}$ 、 NdGaO_3 の3種類の基板上の全てにおいてエピタキシャル成長していることが確認された。圧縮応力の関係は次のとおりで、LSMOとの格子ミスフィットの傾向と一致していた。 $\text{NdGaO}_3 > \text{SrTiO}_3 > (\text{LaAlO}_3)_{0.3}-(\text{SrAl}_{0.5}\text{Ta}_{0.5}\text{O}_3)_{0.7}$ 。断面走査型電子顕微鏡観察からLSMOの表面に2nmのアモルファス層が形成していることがわかった[図1]。このアモルファス層がスピンの歳差運動を阻害し、磁気摩擦定数を増大させている起源であると考えられる。

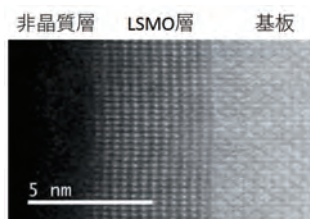


図1 膜厚が8 nmのLSMOの断面走査型電子顕微鏡像。基板から約5 nmほどLSMOがエピタキシャル成長し、表面には2-3 nmの非晶質層が形成している。

一般研究B(平成30年度)

「有機分子修飾した高融点合金ナノ粒子を単電子島とする室温動作単電子デバイスの実現」

研究代表者：中村貴宏(東北大学多元物質科学研究所)

共同研究対応教員：東 康男

研究目的

現在ナノ電子デバイス研究に用いられている単電子トランジスタは、電子線リソグラフィーにより作製した初期電極を無電解めっき法により成長させることで作製したシングルナノギャップ電極と、有機分子修飾したシングルナノメートルの金ナノ粒子の単電子島から構成されている。本研究では、室温動作単電子デバイスの実現を目的として、レーザー誘起核生成法により高融点合金ナノ粒子を作製し、さらに相間移動法により合金ナノ粒子の有機分子修飾を試みた。

研究成果・効果

レーザー誘起核生成法による合金ナノ粒子の作製

- レーザー誘起核生成法によりシングルナノメートルオーダーの全率固溶金-白金合金ナノ粒子を組成を制御して作製した。

相間移動法による合金ナノ粒子の有機分子修飾

- レーザー誘起核生成法により作製した合金ナノ粒子に対して相間移動法を適用することで、合金ナノ粒子表面をアルカンチオール修飾し、分散安定性に優れるコロイド溶液の作製に成功した (Fig. 1)。

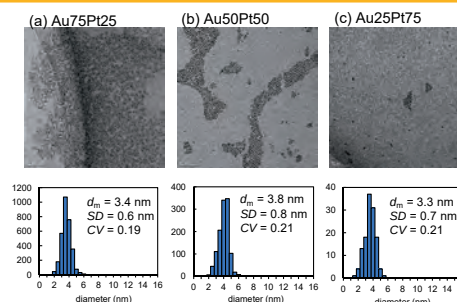


Fig. 1. Surface modified Au-Pt alloy NPs.

一般研究B(平成30年度)

「実験と理論計算との融合によるリン化物半導体太陽電池の高効率化に関する研究」

研究代表者：野瀬嘉太郎(京都大学大学院工学研究科)

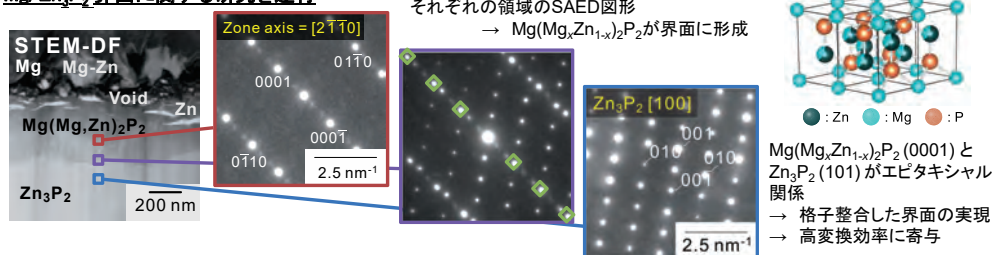
共同研究対応教員：大場史康

— 研究目的 —

当研究グループでは、これまでにユビキタス元素から構成されるリン化物半導体を用いた太陽電池に関する研究を遂行し、世界で初めて発電に成功した。一方で、実用化にはさらなるエネルギー変換効率の向上が求められる。そこで本研究では、二元系、三元系のリン化物半導体を用いた太陽電池に関してデバイスにおける各種ヘテロ接合界面に関する研究を遂行し、得られた界面構造および物性と理論計算の結果とをつき合わせて高効率化への指針を得ることを目的とする。

— 研究成果・効果 —

Mg/Zn₃P₂ 界面に関する研究を遂行



発表論文・関連論文：
R. Katsube, Y. Nose, "Reactive Epitaxial Formation of a Mg-P-Zn Ternary Semiconductor in Mg/Zn₃P₂ Solar Cells", ACS Applied Materials and Interfaces, 10, 36102-36107 (2018).

一般研究B(平成30年度)

「酸水素化合物中の点欠陥の安定性と評価」

研究代表者：林 克郎 (九州大学)

共同研究対応教員：大場 史康

— 研究目的 —

水素化金属を用いた酸化物の還元手法(固相還元法)が、特殊な価数状態のカチオン種や結合を有する新規化合物や、Hを含む新規酸水素化合物の合成手法として注目されている。本研究では、ワイドギャップで高電子移動度の特性を有するBaSnO₃系立方晶ペロブスカイトに着目し、本母物質に固相還元法を適用し、H⁺の導入や酸素空孔の生成、およびSn⁴⁺からSn²⁺への価数変化など局所的な欠陥生成とその効果を調べた。

— 研究成果・効果 —

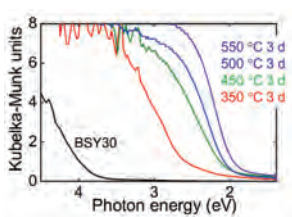


Fig. 1 Diffuse reflection spectra of pristine and reduced BSY30 samples.

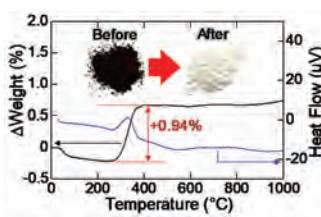


Fig. 2 TG-DTA of BSY10 500 °C 1 d sample, and its appearance change.

BaSn_{1-x}Y_xO_{3-x/2} (x = 0.1, 0.3)に固相還元法を適用した結果、立方結晶ペロブスカイト構造を維持したまま、黄色～茶色に至る強い着色を発する事を見出した。中性子回折法などからH⁺イオンの導入が示唆された。より興味深いことに、Sn²⁺が生成し、これがcis配置された酸素空孔対によって安定化されていることが、Mössbauer測定及びDFT計算による解析から明らかとなった。観測された強い着色は、安定化されたSn²⁺の5s電子の孤立電子対によるものと結論された。

発表論文・関連論文：
渡部 寛・長谷川 文二・赤松 寛文・林 克郎: BaSnO₃系ペロブスカイトへの水素化合物イオンドーピング: 日本セラミックス協会第31回秋季シンポジウム 予稿集 2018.9
H. Watanabe, K. Hayashi, et al.: High Concentration of Sn²⁺ in Reduced BaSn_{1-x}Y_xO_{3-x/2}: 5th Solid-State Chemistry & Ionics Workshop, Abstract 2018.9.

一般研究B(平成30年度)

「異常高原子価鉄酸化物の合成と磁性」

研究代表者：林 直顕(一般財団法人 生産開発科学研究所)

共同研究対応教員：東 正樹

一 研究目的 一

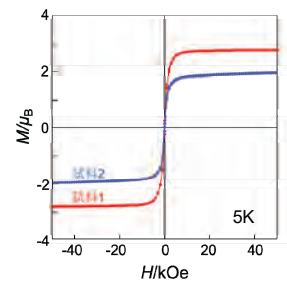
ペロブスカイト型 BaFeO_3 は、最安定相であるヘキサゴナルペロブスカイト型構造相の生成を避けるため、真空中で焼成を行い、一旦、酸素欠損ペロブスカイト $\text{BaFeO}_{2.5+\delta}$ 相を合成し、その後、骨格構造を壊さない200℃程度の温度でオゾン気流中で酸化する、二段階法でのみ合成が可能である。しかしながら、酸化が進みにくいなど、良質な試料を得ることが非常に難しいため、合成過程について検討を行った。

一 研究成果・効果 一

本研究では、800℃での真空還元過程に代えて、1050℃、大気中で焼成後、急冷することで $\text{BaFeO}_{2.5+\delta}$ を得た。続いて200℃でオゾンによる酸化を行った。X線回折から結晶性の良い立方晶ペロブスカイト相の生成が確認できた。

しかしながら、本来 BaFeO_3 は鉄1原子当たり $3.5\mu_B$ の大きな飽和磁化を持つが、今回合成した試料は、 $2.8\mu_B$ 程度に留まった。 BaFeO_3 格子内にわずかにでも酸素欠損が存在すると、同時に二倍生じる Fe^{3+} イオンが反強磁性的に結合して Fe^{4+} スピンを打ち消してしまうため、飽和磁化の急激な低下を引き起こす。

今後はオゾン酸化過程にも着目して、酸化条件について検討を行う。



BaFeO_3 の磁化の外部磁場依存性

一般研究B(平成30年度)

「損傷を抑制するための鉄筋コンクリート造壁付き部材の端部領域設計手法の確立に関する研究」

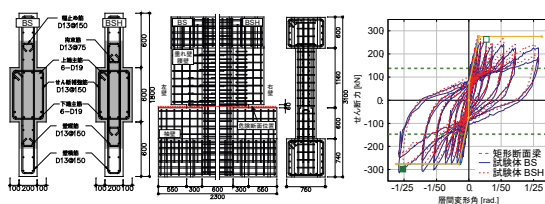
研究代表者：日比野陽(広島大学)

共同研究対応教員：河野進

一 研究目的 一

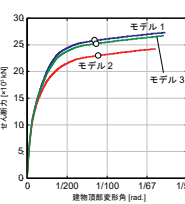
二次壁を有する鉄筋コンクリート造梁部材の損傷の抑制と耐力および靱性の向上を期待して、二次壁の壁筋の定着を除去した壁付き部材を開発し、端部領域の損傷低減のための設計法の確立に関する検討を行うことを目的とする。二次壁の損傷を抑制するため、壁筋の定着を除去した部材の構造性能の実験的な検証および、提案する部材を用いた建物の設計法に関する検討を行う。

一 研究成果・効果 一



壁筋の定着を除去し、端部領域をAIJ・ACIの設計規準に基づいて設計した部材の構造実験を実施

開発部材が良好な構造性能(耐力と靱性)を有することを確認



開発部材を有する建物(モデル3)の耐震性能を検証

保有水平耐力の比 Q_u/Q_{un}

階	モデル		
	1	2	3
7	1.33	1.60	1.77
6	1.52	1.60	1.77
5	1.52	1.60	1.77
4	1.52	1.60	1.77
3	1.49	1.54	1.71
2	1.39	1.45	1.61
1	1.54	1.40	1.52

開発部材を有する建物(モデル3)が十分な保有水平耐力を有することを確認

発表論文・関連論文：森悠吾，日比野陽，楠浩一，真田靖士，向井智久：壁筋の定着を除去した二次壁を有する鉄筋コンクリート梁部材の耐震性能評価，日本建築学会大会学術講演梗概集，構造IV，pp.199-200，2018

一般研究B(平成30年度)

「Ba(Ti,Zr)TiO₃誘電体に関する研究」

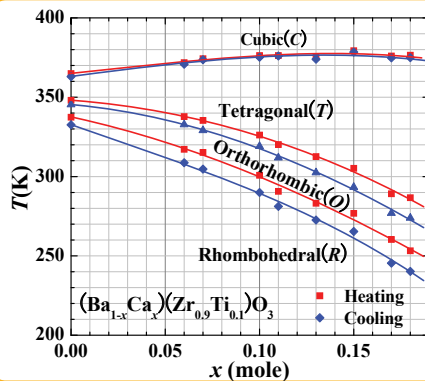
研究代表者：符 徳勝（静岡大学工学部電子物質科学科）

共同研究対応教員：伊藤 満

— 研究目的 —

$x=0.1$ 組成のBa(Ti_{1-x}Zr_x)TiO₃ (BZT-Zr10%)において三重臨界点の存在が報告され、大きく注目されている。本研究では、その三重臨界点の存在を再検討することを目的としている。

— 研究成果・効果 —



左図は(Ba_{1-x}Ca_x)(Ti_{0.9}Zr_{0.1})O₃の相図である。

新たな発見：

- ① Caの置換で立方晶(C)-正方晶(T)、正方晶(T)-斜方晶(O)、斜方晶(O)-菱面体晶(R)の逐次相転移がより明確となった。すなわち、報告された三重臨界点が存在しないことがより明確になった。
- ② Caの置換により立方晶(C)-正方晶(T)間の相転移温度T_cが上昇する。一方、低温側にある二つの強誘電相間の相転移温度がより低温側にシフトする。その結果、正方晶の強誘電相がより安定になる。

一般研究B(平成30年度)

「ルテニウム酸化物における電場誘起電子相転移を利用した抵抗変化素子の開発」

研究代表者：福地 厚（北海道大学大学院情報科学研究科）

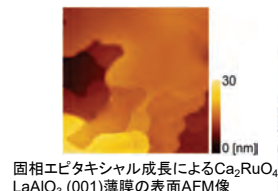
共同研究対応教員：片瀬 貴義

— 研究目的 —

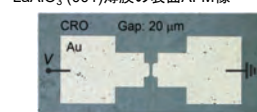
Ca₂RuO₄における電場誘起型の金属-絶縁体転移現象の物理的メカニズムの解明と、抵抗変化素子としての応用可能性の評価を目的に、Ca₂RuO₄のエピタキシャル薄膜の作製と伝導特性の評価を実施した。膜中のRu欠損量の低減のために、製膜法には大気圧下での薄膜成長が可能な固相エピタキシャル成長法を採用し、従来作製報告の無いCa₂RuO₄の良質なエピタキシャル薄膜の作製を試みた。作製した薄膜上に対してはギャップ構造電極を形成する事で、Ca₂RuO₄薄膜への電場印加を行い、電場誘起による金属-絶縁体転移の発現を探索するとともに転移機構についての解析を行った。

— 研究成果・効果 —

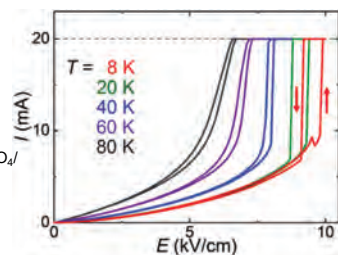
固相エピタキシャル成長法による大気圧下での膜成長を通じて、単結晶性の良質なCa₂RuO₄エピタキシャル薄膜の作製に成功した。作製した薄膜の面内電流-電圧測定においては、 $T < 50$ Kにおいて非常に急峻な電流上昇の発生が観測されており、電場誘起による金属-絶縁体転移の発現が示唆されている。この抵抗変化現象は膜中に繰り返し誘起する事が可能であり、抵抗変化前後の伝導特性、結晶構造、磁気構造の解析を通じて、金属-絶縁体転移の機構解明とデバイス応用に向けた重要な知見が得られる事が期待される。



固相エピタキシャル成長によるCa₂RuO₄/LaAlO₃ (001)薄膜の表面AFM像



Ca₂RuO₄薄膜上に形成したAuギャップ電極



低温下のCa₂RuO₄/LaAlO₃ (001)薄膜において観測された電場誘起による抵抗変化現象

一般研究B(平成30年度)

「分極回転に基づいた圧電体開発に関する研究」

研究代表者：北條 元(九州大学大学院総合理工学研究院)

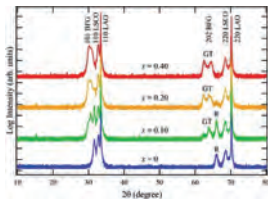
共同研究対応教員：東 正樹

一 研究目的

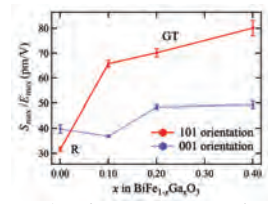
分極回転は種々の圧電材料の優れた圧電特性の起源と言われながら、このことを実験的に証明することは困難であった。これまでの研究により、 $\text{BiFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_3$ 薄膜は分極回転機構により圧電特性が向上することを明らかにした。本研究課題では、薄膜試料の配向を変更し、分極が回転する余地を増やすことにより、圧電特性を向上させることを目的とした。

一 研究成果・効果

$\text{BiFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_3$ と同じ単斜晶構造をもち、かつ安定性の比較的高い $\text{BiFe}_{1-x}\text{Ga}_x\text{O}_3$ を $\text{LaAlO}_3(101)_{\text{pc}}$ 基板上に作製し、その結晶構造と圧電特性を調べた。



巨大な c/a 比を有した $\text{BiFe}_{1-x}\text{Ga}_x\text{O}_3$ 薄膜を $\text{LaAlO}_3(101)_{\text{pc}}$ 基板上に作製することに成功



巨大な c/a 相において、 $(101)_{\text{pc}}$ 配向の $\text{BiFe}_{1-x}\text{Ga}_x\text{O}_3$ 薄膜は $(001)_{\text{pc}}$ 配向のものに比べて大きな圧電応答を示した。

一般研究B(平成30年度)

「セルフセンタリング型CLT壁柱を有する木質制振架構の開発」

研究代表者：松田和浩(名城大学)

共同研究対応教員：佐藤大樹

一 研究目的

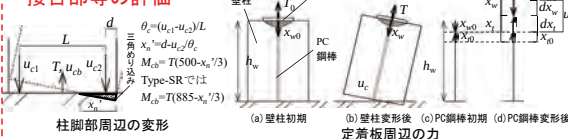
プレストレスの導入によりセルフセンタリング機能を有したCLT壁柱と摩擦ダンパーを併用した制振架構の水平加力実験が2016年に実施され、スリップ性状のないCLT制振架構が開発された。しかし、その実験結果は層せん断力-層間変形関係などの全体挙動のみに着目している。本研究ではその実験結果を詳細に分析しCLT制振架構の力学的挙動を把握するとともに、柱脚支持部のモーメント M_{cb} -回転角 θ_c 関係の評価法を提案する。

一 研究成果・効果

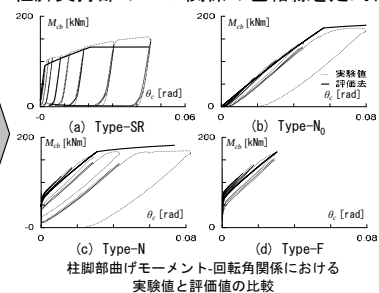
木質高層建物を想定した
CLT制振架構の
強制変形実験
(2016年)



接合部等の評価



柱脚支持部のM- θ 関係の包絡線を定式化



Matsuda, K., Masuda, A., Kakuda, Y. and Sakata, H.: Study on Mechanical Behavior of Passively Controlled Cross-Laminated-Timber Structures with Self-Centering Function, 21st International Conference on Earthquake Engineering and Seismology (ICEES 2019), USB, San Francisco, USA, 2019.6

一般研究B(平成30年度)

「傾斜組成エピタキシャル薄膜における強誘電体ドメイン構造と物性」

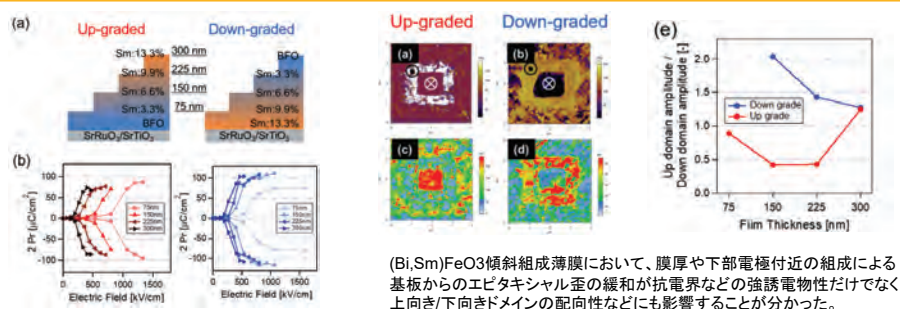
研究代表者：丸山伸伍(東北大学)

共同研究対応教員：安井伸太郎

— 研究目的 —

傾斜組成材料は、1つの材料内で意図的に組成を変化させたものであり、金属/セラミックス接合等の分野で研究が行われてきた。一方、電子機能の向上を目指す薄膜デバイス分野でも、膜厚方向に組成が傾斜した傾斜組成薄膜は、光触媒や太陽電池、強誘電体など様々な分野で研究がはじまりつつある。本研究では、パルスレーザ堆積(PLD)法で作製した(Bi,Sm)FeO₃傾斜組成薄膜における、膜厚方向の組成の変化が強誘電物性に及ぼす影響を調べた。

— 研究成果・効果 —



学会発表：穴田 柚冬ほか, 第79回応用物理学会秋季学術講演会, 名古屋国際会議場, 19a-133-6, 2018年9月19日

一般研究B(平成30年度)

「コバルト窒化物・酸窒化物のフラックス合成」

研究代表者：三浦章(北海道大学)

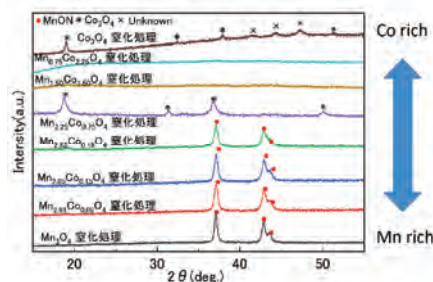
共同研究対応教員：東 正樹

— 研究目的 —

コバルト窒化物は、触媒や磁性膜として研究されているが、純度の良い粉末やナノ粒子の合成手法は確立されておらず、高結晶の試料を得るのは容易ではない。本研究では、出発試料に酸化コバルト、フラックスに熔融塩を用い、低温・高圧中で加熱することで、良質なコバルト窒化物や酸窒化物の合成を目指した。

— 研究成果・効果 —

酸化コバルトとナトリウムアミドを反応させたのち、蒸留水で洗浄した結果、スピネル型の酸窒化物に一致する回折ピークが確認された。酸化コバルトにマンガンを導入したスピネル酸窒化物における同様の実験を試みた結果、マンガン導入量を増やすと岩塩型窒化物の回折ピークが確認された。この岩塩型窒化物に、コバルトが含まれていることをEDXで確認した。



NaNH₂の低温処理により合成した化合物のXRDパターン

一般研究B(平成30年度)

「階層的微細構造を有する酸化物誘電体の熱膨張制御とその発現機構の解明」

研究代表者：森 茂生(大阪府立大学 大学院工学研究科)

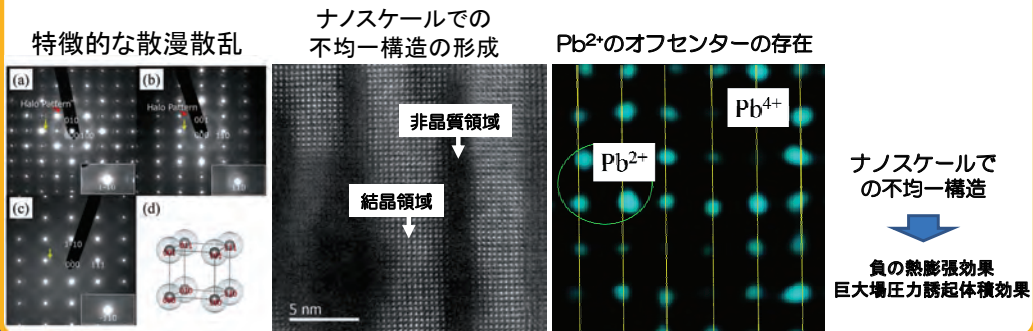
共同研究対応教員：東 正樹

研究目的

PbCrO₃は室温でPb²⁺_{0.5}Pb⁴⁺_{0.5}CrO₃の価電子状態をとり、Pb²⁺とPb⁴⁺の短距離秩序構造から成る電荷ガラス状態である。さらに、圧力印加により、電荷ガラス状態の融解、Pb-Cr間の電荷移動に起因した金属-絶縁体転移や10%に及ぶ圧力誘起体積変化が生じる。本研究では、電子回折法、暗視野法、高分解能TEM法およびHAADF-STEM法を用いて、Pb²⁺とPb⁴⁺から成る電荷ガラス状態を有するPbCrO₃の局所構造の特徴について調べた。

研究成果・効果

PbCrO₃の局所構造の特徴について調べた。



K. Kurushima et al., *Jpn. J. Appl. Phys.*, **57**, 050301 1-4 (2018).

一般研究B(平成30年度)

「イオンビーム照射炭素材料のレーザー分析」

研究代表者：八巻徹也(量子科学技術研究開発機構 高崎量子応用研究所)

共同研究対応教員：中村一隆

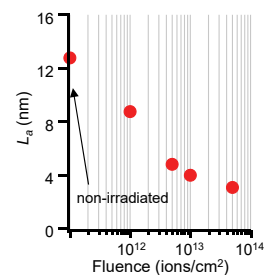
研究目的

炭素担体中のイオン照射欠陥が白金ナノ微粒子の触媒特性を高めることを見出している。これは、イオン照射された炭素担体表面と白金ナノ微粒子との間に形成された特異な界面構造に起因すると考えられる。そこで本研究では、この界面構造を詳細に理解するため、イオン照射した高配向性熱分解グラファイト(HOPG)上に白金ナノ微粒子を堆積し、ラマン分光測定を行なった。

研究成果・効果

イオン注入装置を用いて380 keV Ar⁺をフルエンスを変えてHOPGに照射した後、スパッタ蒸着によりPtナノ微粒子を堆積し、これらの試料に対してラマンスペクトルを取得した。

得られたラマンスペクトルには、ラマン活性なE_{2g}モードに帰属されるGピークとDisorder構造に起因するDピークが観察された。これらのピークの面積強度比(R=D/G)からL_a=4.4/Rを用いて、フォノン相関距離(L_a)を算出した。結果を右図に示す。1.0×10¹³ ions/cm²のフルエンスで照射した試料に注目すると、L_aは4.04 nmであることから、5 nmのPtナノ微粒子との界面には、平均で3つの点欠陥が存在することが見積もられた。



発表論文：
T. Kimata, K. Kakitani, S. Yamamoto, T. Yamaki, T. Terai, K.G. Nakamura, "Raman spectroscopy of Ar⁺-irradiated graphite surface supporting platinum nanoparticles" *Nuclear Inst. and Methods in Physics Research B* 444 (2019) 6-9.
受賞：
木全哲也、優秀賞、日本原子力学会学生ポスターセッション(Ar イオン照射炭素担体を利用した燃料電池用Pt触媒の作製：量子ビームで創る、測る)、2018年9月

一般研究B(平成30年度)

「免震構造建物の耐震性能を評価する新指標の確立」

研究代表者：山下 忠道(Dynamic Control Design Office 山下一級建築士事務所)

共同研究対応教員：佐藤 大樹

— 研究目的 —

南海トラフ地震を想定した長周期地震動群に対する設計資料を供するものとして、簡略法による免震部材の繰り返し特性変化を考慮した解析を行い、上部構造および免震層の地震応答性状と設計上の留意点を示す。免震部材の特性変化が小さい免震モデルとして「高減衰ゴム系積層ゴム支承(HDR)+弾性すべり支承(ST)」のケース、特性変化が大きい免震モデルとして「鉛プラグ挿入型積層ゴム支承(LRB)+弾性すべり支承(ST)」のケースを扱い、長周期地震動が対象地域の免震建物応答に及ぼす傾向、免震部材の組み合わせによる応答への影響、免震層の過大変形に対する検討をそれぞれ行っている。

— 研究成果・効果 —

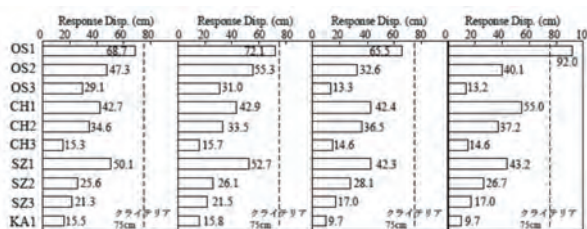


図 免震層の最大層間変位応答(モデル別)

- 1)高減衰モデルは、長周期地震動に対する繰り返し依存性による免震部材の特性変化が小さいため、部材の特性変化を考慮しないモデルとの最大層せん断力係数や免震層の変形差も僅かであり、長周期地震動の影響による応答の増減幅は小さいことがわかる。
- 2)鉛プラグモデルは、免震部材の特性変化が大きいいため免震層の変形増大を招きやすく、特にOS1の部材の特性変化を考慮した場合に顕著である。しかしながら、免震部材のエネルギー吸収能力の低下を補うため、オイルダンパー等の追加により、変形の増大を抑えることが可能である。
- 3)高減衰モデルは、免震部材の特性変化が小さく、応答スペクトルによる応答性状の把握が比較的容易であるが、鉛プラグモデルについては、部材の特性変化が大きく、長周期地震動の検討対象地域によっても、免震層の変形量や上部構造の応答性状が変化する。

一般研究B(平成30年度)

「V, Cr, Mnなどの遷移金属イオンを含む酸化物における3d軌道秩序とマルチフェロイック特性の研究」

研究代表者：山本孟(東北大学多元物質科学研究所)

共同研究対応教員：東正樹

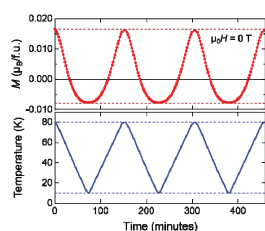
— 研究目的 —

遷移金属イオンを含むペロブスカイト型酸化物やルドルスデン・ポツパー型酸化物、さらには天然鉱物のマクロな磁気特性について調べた。物性としては主にマルチフェロイック特性や電子軌道秩序に注目した。今回の成果を踏まえて、今後量子ビーム実験を進めていく。

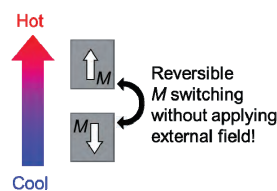
— 研究成果・効果 —

ペロブスカイト型酸化物 $\text{CaMn}_{1-x}\text{Sb}_x\text{O}_3$ において、外部磁場を加えることなく、温度変化のみで強磁性磁化方向をリバースに反転させることに成功した。これは、熱磁気記憶デバイスやスピントロニクス分野への応用が期待される成果である。

これ以外にも、本研究課題では多くの成果を得ることができた。



ゼロ磁場中での温度掃引による強磁性磁化の反転($\text{CaMn}_{0.95}\text{Sb}_{0.05}\text{O}_3$)



熱誘起磁化反転の概要図

一般研究B(平成30年度)

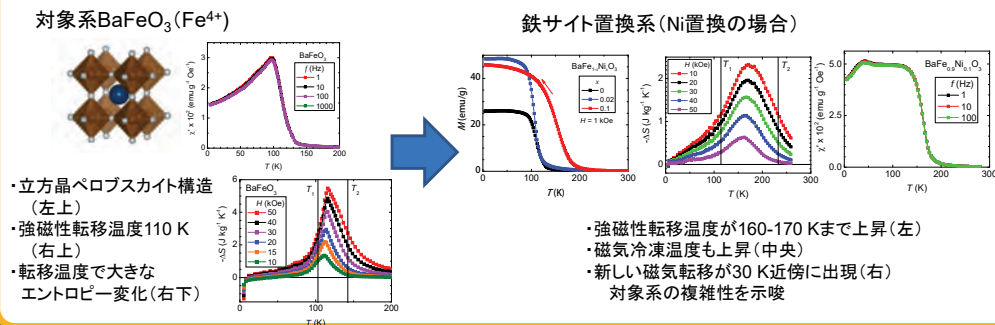
「高酸化数鉄イオン Fe^{4+} の特性を活かした新規希土類フリー磁気冷凍物質の合成」

研究代表者：吉井賢資(日本原子力研究開発機構)
共同研究対応教員：東正樹

— 研究目的 —

鉄酸化物は人類にとって最も重要な機能性材料の一つである。通常鉄イオンは2+あるいは3+の原子価を持つが、条件によっては高原子価を持つ系が合成できる。我々は最近、このような系の一つである新規強磁性体 $\text{BaFeO}_3(\text{Fe}^{4+})$ が磁気冷凍物質となりうることを示した。本研究では、この系の実応用を目指し、冷凍温度の制御を行うことなどを目的とした。

— 研究成果・効果 —



一般研究B(平成30年度)

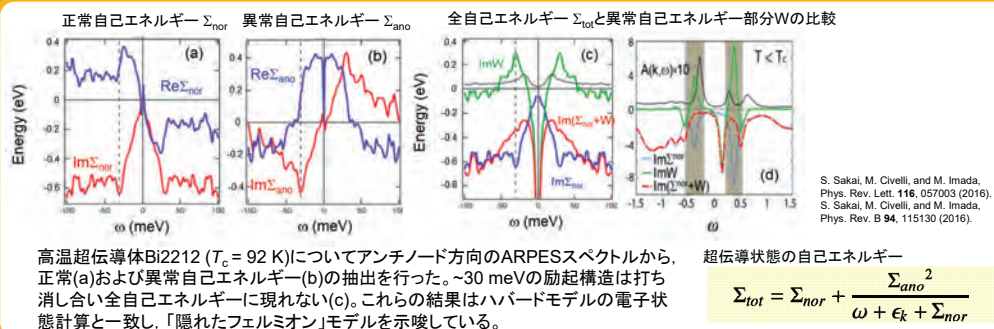
「銅酸化物高温超伝導体の超伝導状態の自己エネルギー解析」

研究代表者：吉田 鉄平(京都大学大学院人間・環境学研究科)
共同研究対応教員：笹川崇男

— 研究目的 —

銅酸化物高温超伝導体の発見から30年以上経過するが、その超伝導機構は解明されていない。電子対を媒介する引力の起源を解明することが最も重要な課題である。本研究では角度分解光電子分光(ARPES)によって得られるスペクトル関数から、電子の自己エネルギー $\Sigma(k, \omega)$ を抽出し、電子対を形成する相互作用の情報を得ることを目的とした。特にこれまでに研究例の少ない、超伝導ギャップが開いている電子状態について解析を行った。

— 研究成果・効果 —



一般研究B(平成30年度)

「直流電場にアシストされたジルコニアナノ粒子の焼結」

研究代表者：吉田道之(岐阜大学)

共同研究対応教員：若井史博

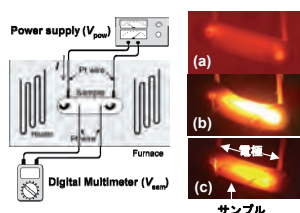
— 研究目的 —

粉末成型体に電圧を印加することで緻密化を促進させる手法(Field assisted sintering technology:FAST)の中で近年、特に注目されているのがフラッシュ焼結と呼ばれるもので、成形体に高電圧を印加しながら加熱すると、ある温度で急激に緻密化が開始し、わずか数秒のうちに焼結緻密化が完了してしまうという特異な現象である。フラッシュ焼結には、単純な装置構成による焼結プロセスの低温化・短時間化・省エネルギー化という大きな利点があり、酸化物セラミックスを中心に多くの材料で焼結挙動の調査が進められている。本研究は、フラッシュ焼結に伴う諸現象を考察し、そのメカニズムの解明をすることを目的とする。今年度は、フラッシュ焼結に伴う電気抵抗率の精密な計測を行い、ジュール加熱の熱暴走という視点からフラッシュ焼結のモデリングを行った。

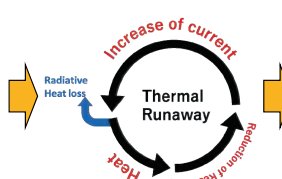
— 研究成果・効果 —

「イットリア安定化ジルコニア(3YSZ)をモデル材料として、ジュール加熱をベースにしたモデリングを行った」

4端子法による電流・電圧特性の精密計測



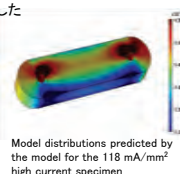
ジュール加熱の熱暴走という観点からのモデリング



フラッシュ焼結の臨界条件、サンプル温度の推定

フラッシュ焼結が生じる直前の微構造を反映した電気特性を適用すれば、フラッシュ焼結の臨界条件を熱暴走の考え方でも正確に予測できることを示した

サンプル温度のモデリングを行った。高い電流密度の条件において、電流の局在化に起因する温度分布が生じることが分かった。また、焼結緻密化が起こる条件でのサンプルの温度は1400℃程度であることが分かった



発表論文・関連論文：

Michiyuki Yoshida, Simone Falco and Richard I. Todd: Measurement and Modelling of Electrical Resistivity by Four-terminal Method during Flash Sintering of 3YSZ, J. Ceram. Soc. Japan, 126 [7] 579-590 (2018).

一般研究B(平成30年度)

「コバルト酸化物薄膜における強磁性とらせん磁性の光制御」

研究代表者：和達大樹(東京大学物性研究所)

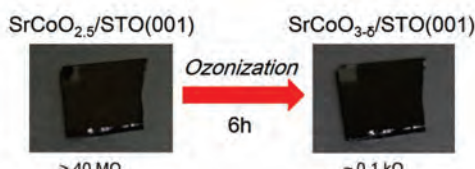
共同研究対応教員：片瀬貴義

— 研究目的 —

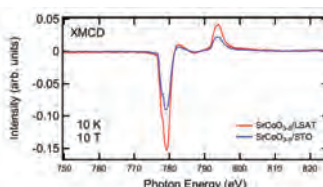
本研究では、レーザーによる強磁性とらせん磁性のエネルギー効率の良い制御法の開発を目的とする。対象物質は、ペロブスカイト型のCo⁴⁺、Fe⁴⁺酸化物の単結晶薄膜である。これらの物質においては、ペロブスカイトのAサイトに応じて強磁性かららせん磁性までが現れる。最近に確立されたオゾンによる酸化法により4価を実現することで、強磁性かららせん磁性が一つの物質で実現し、光で制御できるようになることを目指す。

— 研究成果・効果 —

SrCoO_{2.5}薄膜をオゾン中で酸化



SrCoO_{3.5}薄膜のX線磁気円二色性の基板依存



X線回折とX線分光の結果から、SrCoO_{3.5}薄膜はペロブスカイト型の結晶構造で3価よりも高い価数になっていることが分かり、オゾン酸化による酸素の挿入を確認することができた。磁性については、LSAT基板上の薄膜ではSTO基板上の薄膜の2倍も強いXMCDシグナルが検出された。このことは、歪みによって磁性の制御が可能であることを意味している。またSrFeO_{3.5}薄膜ではらせん磁性の光制御に成功しつつある。

発表論文・関連論文：

横山優一, 片瀬貴義, 和達大樹など: 英語論文を準備中。

一般研究C(平成30年度)

「酸化チタン基板上的サレン金属錯体色素やナノワイヤーのXPS測定」

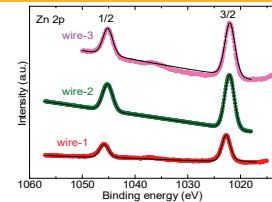
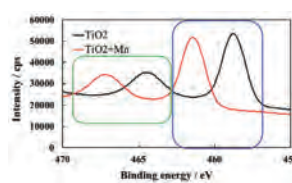
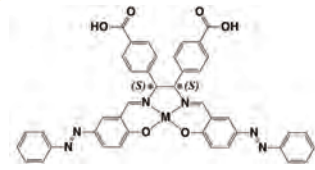
研究代表者： 秋津貴城(東京理科大学理学部第二部化学科)

共同研究対応教員：原 亨和

一 研究目的

アゾベンゼン及びカルボキシル基を含むジフェニルサレン型キラルシッフ塩基金属錯体を合成する。錯体を酸化チタンに吸着させ、XPS測定を行い、Ti2pにおけるピークシフトや、各元素のナロースペクトルを解釈し、表面における吸着状態を解明する。またサレン型錯体を基盤とした錯体ナノワイヤーを酸化チタン上に逐次合成し、同様に解析する。

一 研究成果・効果



特定の束縛エネルギーのピークシフトによって化学吸着における電子状態の変化を議論する。酸化チタンのTi 2p軌道は錯体(左図)が吸着すると高エネルギー側にシフトした(中心図)。吸着基の-COOHは電子求引基であり、Ti 2p軌道が安定化するためだと考えられる。これにより、表面吸着における化学結合の形成が示唆された。

また、ナノワイヤーにおいてはZn2p軌道のナロースペクトルから、亜鉛を中心金属とし、エチレンジアミン、フェニレンジアミン、シクロヘキサジアミンを用いた三種類のサレン型錯体ナノワイヤーが形成されていることを確認した(右図)。今後、これを基にさまざまな錯体を繋げたナノワイヤーを検討する予定である。

一般研究C(平成30年度)

「細孔構造結晶の金属酸化物創出と触媒応用」

研究代表者：上田 渉(神奈川大学工学部物質生命化学科)

共同研究対応教員：原 亨和

一 研究目的

酸素四面体の連結から細孔構造を形成した物質はゼオライトを代表に多く知られる。一方、酸素八面体の連結からなる細孔構造結晶の例は極めて限られる。そのような中、酸素八面体の縮合体(ポリ酸イオン)をユニットとして連結させる細孔構造結晶を合成する方法論をMo、W、V、Nb、Taの金属酸化物に展開し、新しい細孔構造結晶の金属酸化物の創出に成功してきた。更なる合成例を増やし、構造解析を経て、新しい触媒機能を実現する。

一 研究成果・効果

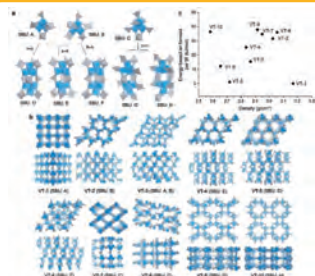


図1 W-V-Oサブユニット(a)から推定される細孔構造体(b)と構造安定性(c)

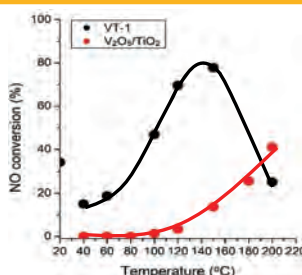


図2 $W_5V_3O_{19}$ (VT-1)触媒のアンモニアSCR活性(対照触媒: V_2O_5/TiO_2)

これまでの合成研究をもとに細孔性結晶物質は、タングステンの酸素酸クラスターイオン、すなわち4個のW原子からなるキュバン型の $[W_4O_{16}]$ ユニット2個が複数個のバナジウム酸素酸イオンを介して縮合したサブユニットを基本単位とすることで全体の構造が理解できる。このことをもとに、サブユニットの連結を様々に組み立てると、少なくとも20例の可能な細孔性結晶が導出された(図1(b))。また、それぞれの構造体の構造安定性を計算すると2種の安定構造が導き出された。それぞれ(VT-1、VT-5)は実際の実験で合成された物であり、ユニット法の展開の可能性が確実となった。

合成された $W_5V_3O_{19}$ (VT-1)触媒はアンモニアSCR用の実用触媒と類似構成元素であることからこの反応への触媒能を調べたところ、低温で極めて高い活性を示すことを見いだした(図2)。

発表論文・関連論文：A zeolitic vanadotungstate family with structural diversity and ultrahigh porosity for catalysis, Z. Zhang, Q. Zhu, M. Sadakane, T. Murayama, N. Hiyoshi, A. Yamamoto, S. Hata, H. Yoshida, S. Ishikawa, M. Hara, W. Ueda, *Nature commun.*, 2018, 9, 3789

一般研究C(平成30年度)

「超高速軟X線吸収分光法の確立と二酸化バナジウム薄膜の金属-絶縁体相転移過程のダイナミクス」

研究代表者：上村洋平(自然科学研究機構・分子科学研究所)

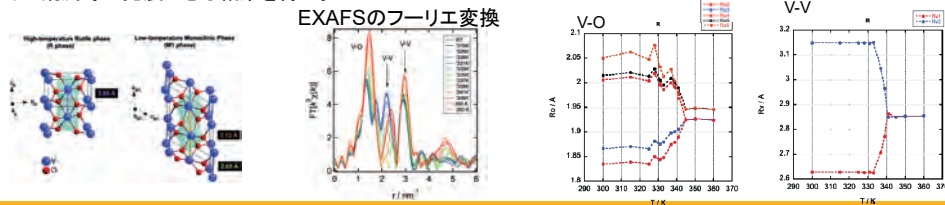
共同研究対応教員：片瀬貴義

一 研究目的

基板上に形成されたエピタキシャル薄膜中の軽元素(O,N)の電子状態を観測するための、軟X線領域(400 - 1000 eV)を利用したX線吸収スペクトル(XAS) 測定法を確立する。測定法確立のため、サファイア基板上に作成した二酸化バナジウム薄膜を試料とし、そのXASスペクトルを測定する。

一 研究成果・効果

放射光でのビームタイムが確保できなかったこと等から、XASスペクトル測定法の立ち上げは予定通りに進めることができなかった、しかしながら、VO₂薄膜の各試料温度でのEXAFS測定・解析から、相転移過程ではV-V結合が先に一定値に近づき、V-O結合の結合長変化はそれに追従していることがわかった。V-O結合の不均一性は、試料中にドメイン構造があることを反映していると考えられ、今後の研究でSTXMなどを用いてVO₂薄膜のドメイン観測等に発展できる結果を得た。



一般研究C(平成30年度)

「安価なケイ素粉末を使った、ケイ素を土台にした3層構造をもつ自己発熱型CO₂吸収シート作製の試み」

研究代表者：大石克嘉(中央大学理工学部応用化学科)

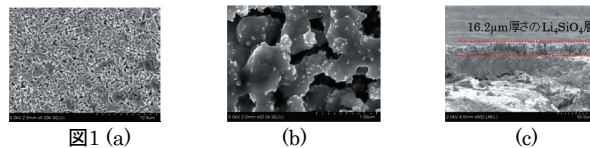
共同研究対応教員：真島 豊

一 研究目的

本研究課題では、通電により実現する自己発熱型CO₂吸収材の1つである{Si/SiO_x/Li₄SiO₄}を、より安価で単位質量あたりのCO₂吸収量が拡充されたシート状の自己発熱型CO₂吸収材にバージョンアップするための新たな製造方法の開発を目指す。具体的には、3層構造をもつSi/SiO_x/Li₄SiO₄のベース部分を成すSiを、従来のSiウエファーから焼結体Siに代替する事を目指す。

一 研究成果・効果

今回、Siウエファーの代わりにSi粉末からSi焼結体の作製を試みた。出発原料として、日本NER社製の粒径0.9μmのSi粉末を用いた。さらに、Si焼結体に電気伝導性(10⁻²~10⁻³Ω・cm)を持たせるために、0.26mol%濃度のホウ素(B)を添加した。熱処理条件は、カーボンヒータ式高気密電気炉を使用し、純アルゴン雰囲気中1350℃で2時間とした。得られたSi焼結体の微構造を図1(a), (b)に示す。焼結体密度は、理論密度の75%ほどであった。また、電気抵抗率は、これまで用いていたSiウエファーと同等の5×10⁻³Ω・cmであった。これで、Siの土台が作製されたので、このSi焼結体の表面上に炭酸リチウムを塗布後、電気炉中で熱処理する事により、Li₄SiO₄層の作製を試みた。その後、同試料表面に対するXRD測定を行ったところ、Si板の最表面にLi₄SiO₄層(図1(c))が確認された。



関連論文：Analysis of CO₂ absorption reaction of Li₄SiO₄ on the basis of Madelung potential of Li site in crystal structure, K. Oh-ishi*, R. Kobayashi, K. Oka, J. Ceram. Soc. Japan, 2017, 125 [5], 383-386.

一般研究C(平成30年度)

「高温超伝導体を含む層状混合アニオン化合物に対するアニオン置換に関する研究」

研究代表者：神原陽一(慶應義塾大学)

共同研究対応教員：伊藤満

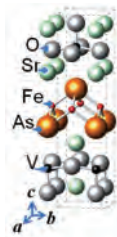
— 研究目的 —

これまでに明らかにした $\text{Sr}_2\text{VFeAsO}_{3-\delta}$ の結晶構造, 単位格子の酸素欠損依存性の信頼性に対し, 放射光X線吸収分析, 酸素発生反応(OER)電気化学触媒としての機能性評価, 及び密度汎関数理論による検証を行う。これにより, さらに詳細な $\text{Sr}_2\text{VFeAsO}_{3-\delta}$ の元素選択的な磁気構造の解析と新機能性探索を行う。

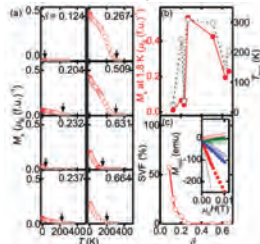
— 研究成果・効果 —

$\text{Sr}_2\text{VFeAsO}_{3-\delta}$ の電子磁気状態相図をFeイオン, Vイオンに対してそれぞれ図示した相図を原著論文として報告した。この原著論文の相図作成に用いた多結晶試料において, 新規なOER電気化学触媒の開発がなされた。

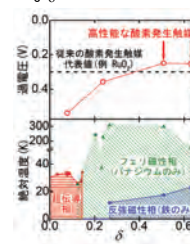
$\text{Sr}_2\text{VFeAsO}_{3-\delta}$ の結晶構造



$\text{Sr}_2\text{VFeAsO}_{3-\delta}$ の磁性



$\text{Sr}_2\text{VFeAsO}_{3-\delta}$ のOER機能例, 過電圧



発表論文・関連論文：

Y. Tojo, et al, J. Phys.: Condens. Matter 31, 115801 (2019).

S. Hirai, et al, J. Mater. Chem. A 6, 15102 (2018).

一般研究C(平成30年度)

「最適化手法による鋼構造建築物の設計・解析手法の新展開」

研究代表者：寒野 善博(東京大学 数理・情報教育研究センター)

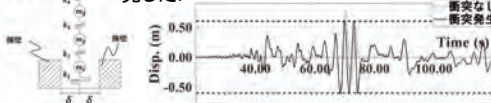
共同研究対応教員：山田 哲

— 研究目的 —

この研究課題は, 建築構造の数値解析および設計力学の分野において, 凸計画および整数計画とよばれる最適化の方法論の新たな展開を図ることを目的にしている。特に, 免震構造物の擁壁への衝突現象に対する定式化および数値解法と, 鉄骨造トラスの最適設計における設計変数の最適グルーピング問題に対する厳密解法との, 二つの具体的な課題に焦点を絞って, 研究を行った。

— 研究成果・効果 —

免震構造物の擁壁への衝突現象に対しては, 非平滑力学 (nonsmooth mechanics) に基づく定式化を与えた。これは, 系の速度を測度として扱うことで, 衝突時の速度の不連続性に起因する種々の困難点を克服する手法である。この定式化を時間方向に離散化して得られる相補性問題を, 等価な最適化問題に再定式化して数値的に解くことで, 衝突を含む構造系の挙動をシミュレーションする手法を開発した。



最適設計問題について, グルーピングの制約を含むトラスの剛性最大化問題に対しては, 混合整数2次錐計画による厳密解法が知られている。しかし, トラスの自重の影響や交差部材の排除など, より現実的な条件を加味した際の最適解の傾向や計算コストは明らかでなかった。そこで, 複数のソルバーで数値実験を行い, これらを明らかにした。



一般研究C(平成30年度)

「新しいビスマス酸化物超伝導体の探索およびその特性評価」

研究代表者：熊田伸弘(山梨大学)

共同研究対応教員：東 正樹

— 研究目的 —

これまでに水熱反応を用いることで $(K_{1.00})(Ba_{1.00})_3(Bi_{0.89}Na_{0.11})_4O_{12}$ および $(Ba_{0.62}K_{0.38})(Bi_{0.92}Mg_{0.08})O_3$ のような新しいビスマス酸化物超伝導体を合成し、その結晶構造および超伝導特性を明らかにしてきた。これらの中で $(K_{1.00})(Ba_{1.00})_3(Bi_{0.89}Na_{0.11})_4O_{12}$ はダブルペロブスカイト型構造を持ち、超伝導転移温度は31.5Kであった。本研究ではペロブスカイト型のBサイトにBi以外の陽イオンを取り込ませないために $KBiO_3$ を出発物質とした水熱反応を試みた結果、ダブルペロブスカイト型構造を持つ超伝導ビスマス酸化物 $(Ba_{0.54}K_{0.46})_4Bi_4O_{12}$ が得られた。本研究の目的はこの新しい超伝導ビスマス酸化物 $(Ba_{0.54}K_{0.46})_4Bi_4O_{12}$ の結晶構造および超伝導特性を明らかにすることである。

— 研究成果・効果 —

ダブルペロブスカイト型構造を持つ $(Ba_{0.54}K_{0.46})_4Bi_4O_{12}$ は出発物質として $KBiO_3$ 、 $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$ および KOH を1:1:240のモル比で秤量し、蒸留水12mLとともに内容積70mLのテフロンでライニングしたオートクレーブに入れ、240°Cで48時間水熱処理することによって約50ミクロンの立方体状の単結晶として合成できた。単結晶X線回折データを用いて結晶構造解析を行ったところ、空間群は $Im-3m$ (#229)、格子定数は $a = 8.5207(2) \text{ \AA}$ で、 R 因子は $R_1 = 0.0070$ および $wR_2 = 0.0136$ であった。図1に $(Ba_{0.54}K_{0.46})_4Bi_4O_{12}$ の結晶構造を示す。 $(Ba_{0.54}K_{0.46})_4Bi_4O_{12}$ はダブルペロブスカイト型構造を持ち、2種類のAサイトがあり、2aサイトおよび6bサイトのBa:Kの比はそれぞれ0.673:0.337および0.499:0.501であった。 $(Ba_{0.54}K_{0.46})_4Bi_4O_{12}$ の磁化率の温度依存性においてZFCでは30K付近において磁化率の急激な減少が観察された。また、試料を室温で6GPaの高圧処理で成形した圧粉体を4端子法で測定した電気抵抗率の温度依存性では25K付近において電気抵抗率の減少が観察され、7Kで電気抵抗率がゼロになった。25K付近まで半導体的挙動を示すのは圧粉体の粒界に起因すると考えられる。また、この化合物は300°C以上に加熱すると分解して主相は単純ペロブスカイト型構造を有するが、超伝導性は消失した。

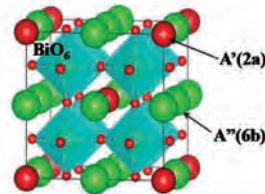


Fig. 1 Crystal structure of $(Ba_{0.54}K_{0.46})_4Bi_4O_{12}$.

一般研究C(平成29年度)

「合成梁の塑性変形能力に基づく耐震性能評価指標の策定」

研究代表者：島田 侑子(千葉大学大学院工学研究院 建築学コース)

共同研究対応教員：山田 哲

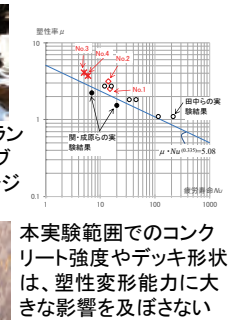
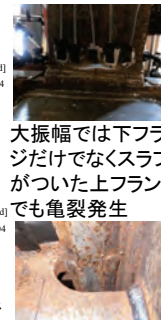
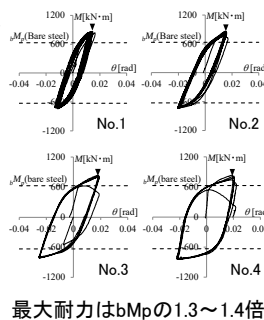
— 研究目的 —

純鉄骨部材において確立している保有耐力接合の条件を、合成梁においても同様に提示するためには、合成梁の塑性変形能力がどれほどあるのかを把握し、耐力との関係を明らかにする必要がある。本研究は合成梁の塑性変形能力に影響を与える因子として、コンクリート強度やデッキ形状、載荷振幅に着目して、定振幅繰り返し載荷実験を行い、耐力だけでなく、塑性変形能力の違いについて検討する。

— 研究成果・効果 —

パラメーターの組合せより試験体は4体

	No.1	No.2	No.3	No.4
F_c [MPa]	21	42	21	21
デッキ形状	波形	波形	波形	等厚
載荷振幅	26p	26p	46p	46p
M_{max} [kNm]	868	862	840	834
破断回数	15	14	5	6



一般研究C(平成30年度)

「鋼構造柱梁接合部の耐震性能を評価するための実験载荷プロトコルの提案」

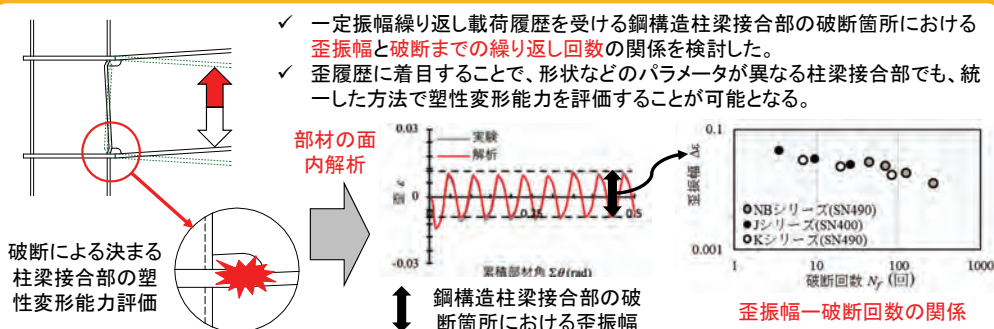
研究代表者：焦 瑜(東京都市大学)

共同研究対応教員：山田 哲

研究目的

本研究では、鋼部材の累積塑性変形能力を評価するための実験に必要となる、実際起こり得る地震で梁端接合部が経験するランダムな载荷プロトコルを提案することを目的とする。2018年度では、鋼梁の数値面内解析を行い、実験で計測できない柱梁接合部の梁端フランジ破断箇所における歪履歴を求め部材破断箇所の歪振幅に着目し、鋼材や形状などのパラメータが異なる柱梁接合部の塑性変形能力を評価する。

研究成果・効果



発表論文・関連論文：

・近野裕樹、焦瑜、山田哲：歪振幅に着目した鋼構造柱梁接合部の塑性変形能力評価、日本建築学会大会学術講演梗概集構造系 2019.9

・Yu Jiao, Hiroki Konno, and Satoshi Yamada, Evaluation of plastic deformation capacity of steel beam-to-column connections based on flange strain amplitudes.

Proceedings of the Pacific Structural Steel Conference 2019. 2019.11

一般研究C(平成30年度)

「SQUIDによるペロフスカイトー希土類イオン蛍光体中の希土類イオンの縮退の調査」

研究代表者：白神達也(龍谷大学理工学部)

共同研究対応教員：川路 均

研究目的

蛍光体として研究されている、ペロフスカイト中に添加した希土類イオンを分析するために、SQUIDを用いた磁化率の温度依存性を測定する。特に、チタン酸アルカリ土類中に添加したPrイオンの結晶場分裂がどのような縮退にあるかを突き止める。

研究成果・効果

チタン酸ストロンチウムにPrを1%添加した試料とチタン酸バリウムにPrを1%と2%添加した試料の磁化率を測定したところ、Prイオン1molに換算した比較で、はっきりと結晶場の違いを反映した結果が得られた。別の方法で求めた結晶場分裂のパターンと分裂幅の結果と、半定量的な整合性が見られた。数ある希土類の中でも、結晶場分裂のパターンと分裂幅の直接測定が可能になったPrイオンは、磁化率も結晶場の影響を強く受け、鋭敏な変化が観測されることがわかった。Prイオンの結晶場分裂のパターンと分裂幅を測定することにより、知りたい結晶の情報が直接得られることを示している。

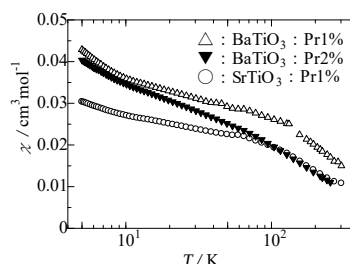


Fig. 1 The magnetic susceptibilities of Perovskites:Pr

一般研究C(平成30年度)

「ブレース付きラーメン架構において柱面の補強の有無が柱の構造性能に及ぼす影響」

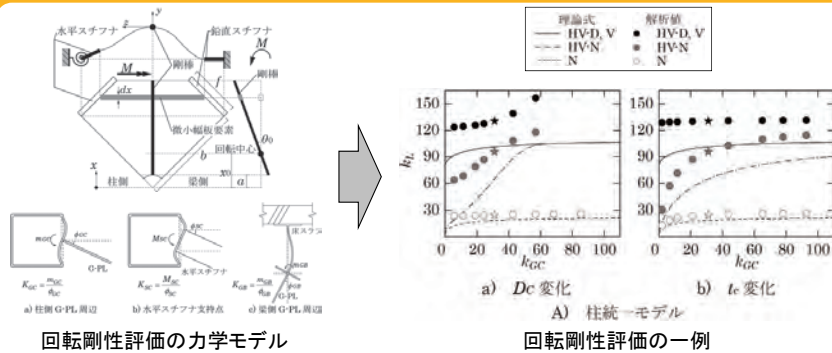
研究代表者：中野達也(宇都宮大学 地域デザイン科学部 建築都市デザイン学科)

共同研究対応教員：吉敷祥一

研究目的

近年の建築物の大スパン化に伴い、柱に角形鋼管を用いたブレース付きラーメン構造の採用が増加しているが、角形鋼管柱の面外変形に起因する構造的な問題が指摘されている。本研究では、ブレース端接合部の構面外曲げ抵抗機構を明らかにすると共に、回転剛性および全塑性曲げ耐力の評価法を構築することを目的とする。

研究成果・効果



柱・梁の局所変形の影響を考慮したブレース端接合部の回転剛性評価式を構築した。

工学的に十分な精度を有していることを確認した。

村山直大, 中野達也, 他: 柱・梁の局所変形を考慮したブレース端接合部の回転剛性と有効剛性係数, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造Ⅲ, 2019.9 (投稿済)

一般研究B(平成30年度)

「免震構造用鋼材ダンパーの疲労損傷度に対する簡易推定手法」

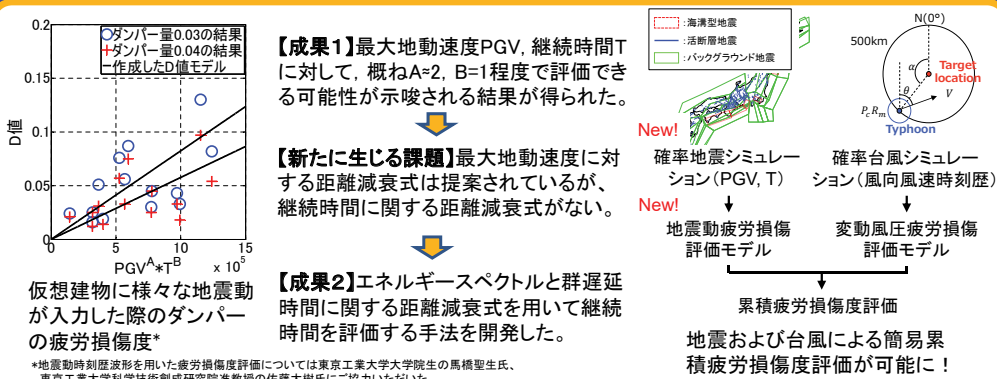
研究代表者：西嶋一欽(京都大学防災研究所)

共同研究対応教員：吉敷 祥一

研究目的

申請者らはこれまでに確率台風シミュレーションと統合することで簡易的に変動風圧による疲労損傷度を評価できる手法を開発してきた。本研究では、確率地震シミュレーションと統合することで簡易的に地震動による疲労損傷度を評価できる手法を新たに開発することで、免震装置の疲労を生じさせる台風及び地震外乱による累積疲労損傷度を評価する手法を提示する。

研究成果・効果



一般研究C(平成30年度)

「座屈拘束筋違を用いた鉄筋コンクリート骨組の損傷制御設計に関する研究」

研究代表者：毎田悠承(国立研究開発法人建築研究所)

共同研究対応教員：吉敷祥一

研究目的

鉄筋コンクリート(RC)骨組の損傷制御設計を目的として、RC骨組に座屈拘束筋違(以下、BRB)を合理的に配置する架構形式を提案している。本研究では、実験と解析によって、RC骨組におけるBRBの接合部挙動、骨組全体の制振効果を把握するとともに、接合部の設計法、骨組の設計法を構築することを目的とする。今年度は、提案しているアンカーPC鋼棒の緊張力長期計測を行い、長期性状を確認する。アンカーPC鋼棒の緊張力変動を1年間継続して計測し、得られた長期性状を考慮して、過去に示した接合部設計法について再検討を行う。

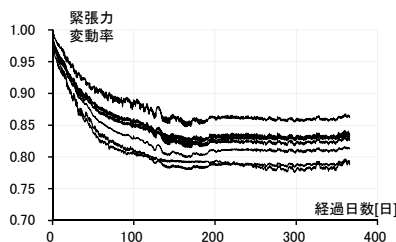
研究成果・効果

アンカーPC鋼棒の緊張力長期計測を行い、長期性状を把握。

緊張力はナット定着完了時から365日経過時まで最大0.78程度まで減少。



アンカーPC鋼棒の緊張力長期計測



アンカーPC鋼棒の緊張力変動率

緊張力変動率と安全余裕度を考慮した緊張力有効率を用いたアンカーPC鋼棒の緊張力決定方法を示した。

発表論文・関連論文：毎田悠承、渡辺英彦、前川利雄、濱田真、増子寛、曲哲、吉敷祥一、坂田弘安、和田章：座屈拘束筋違を組み込んだRC骨組の実大施工実験およびアンカーPC鋼棒の緊張力長期計測、日本建築学会技術報告集、第24巻、第58号、pp.1027-1030、2018.10

一般研究C(平成30年度)

「制振部材を有する鋼構造骨組における合成梁の弾塑性挙動」

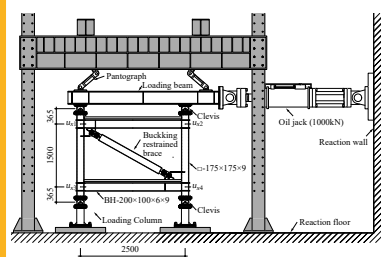
研究代表者：松田頼征(東京理科大学)

共同研究対応教員：佐藤大樹

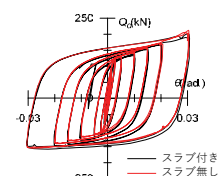
研究目的

本研究の目的は、軸力と複曲率曲げを受ける合成梁を対象に、合成梁を構成する部材の弾塑性、ひいては主架構の挙動に及ぼす影響を明らかにすることで、鋼構造制振構造における主架構の設計法の確立に資することである。本年度は、ダンパーが取付く構面とその構成部材にスラブが及ぼす影響を明らかにするために、縮小部分架構試験体の載荷実験を実施した。ここに、その結果と考察を述べる。

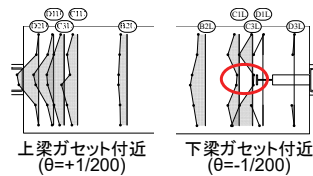
研究成果・効果



実験セットアップ



ダンパーの荷重変形関係
履歴がほぼ一致し、スラブによる影響が確認されなかった。



上梁ガセット付近
($\theta=+1/200$)

下梁ガセット付近
($\theta=-1/200$)

下梁のガセット付近において、スラブと鉛直サイドステフナが接触しないため、その付近のスラブには歪が生じない。

- 1) 松田頼征、他6名：鋼構造制振建物における合成梁挙動に関する実験研究、その1 実験概要 日本建築学会大会学術講演梗概集
- 2) 竹下功祐、松田頼征、他5名：鋼構造制振建物における合成梁挙動に関する実験研究、その1 全体挙動と破壊性状 日本建築学会大会学術講演梗概集
- 3) 阿部千明、松田頼征、他5名：鋼構造制振建物における合成梁挙動に関する実験研究、その3 漸増載荷における局所挙動 日本建築学会大会学術講演梗概集

一般研究C(平成30年度)

「高熱伝導コンポジット材料の熱物性に対する自己組織化材料組織の効果」

研究代表者：宗像文男(東京都市大学)

共同研究対応教員：川路 均 教授

研究目的

ポリマー(ポリカーボネート:PC)中に高熱伝導性を示す窒化ケイ素又は窒化アルミニウムの微結晶を母材中に分散配置させ、混合混練過程や熱処理過程で生じる分散粒子の自己組織化を利用した高熱伝導方向制御材料を開発する。特に高熱伝導結晶と母材との界面はコンポジット材料の熱伝導や熱容量に対して大きな影響を及ぼすことから、異方性を持ったヘテロ界面の熱物性への影響についての知見を得る事を目的とする。

研究成果・効果



一般研究C(平成30年度)

「液中レーザプロセスによるナノ粒子の作製と工学的応用」

研究代表者：和田裕之(東京工業大学 物質理工学院)

共同研究対応教員：中村一隆

研究目的

機能性ナノ粒子は各分野での応用が期待されており、研究が広く行われている。中でもレーザプロセスによるナノ粒子生成は簡便に様々なナノ粒子を作製できる等の利点から近年注目されている。本研究では、液中レーザアブレーション法により有機ナノ粒子を作製し、その光学的应用を検討する。また、液中レーザ溶融法により窒化物の球状ナノ粒子を作製し、この応用を検討する。

研究成果・効果

液中レーザアブレーション法: フタロシアニン

- ・一次粒径: ミクロンサイズの柱状原料がナノサイズに微細化(走査型電子顕微鏡観察)
- ・二次粒径: フルエンスの増加とともに120 nmから80 nm程度まで減少(動的光散乱法)
- ・吸収スペクトル: 620 nmの第一ピークはフルエンスの増加とともに増加
 800 nmの第二ピークはフルエンスの増加とともに減少
 結晶構造の変化を示唆
 吸光度の経時変化がほとんどなく、本研究で得られた分散液の高い分散安定性を確認
- ・光音響信号: 既存の造影剤であるインドシアニグリーンよりも高い信号強度を確認

液中レーザ溶融法: 窒化ガリウム球状ナノ粒子(GaN)

- ・一次粒径: 200 nm程度の球状粒子分散水溶液を作製
- ・蛍光スペクトル: GaNのバンド端発光(365 nm)のピーク強度がフルエンスに比例して増加
- ・エネルギー分散型X線分析: 窒素の脱離と酸化ガリウムの生成を示唆

国際ワークショップ(平成30年度)

「5th Joint Workshop on Building/Civil Engineering between Tongji & Tokyo Tech」

開催日時: 2018年7月26日～28日

場所: 東京工業大学大岡山キャンパス緑が丘ホール

研究代表者: 坂田弘安(東京工業大学建築学系)

共同研究対応教員: 山田哲

— 研究目的 —

建築構造分野の研究で代表的な中国同济大学と東京工業大学との間で毎年開催しているワークショップであり、高耐震化の新技術、構造物の安全性のセンシング技術等に関する最新の成果を発表する。また、両大学大学院生の研究発表会を通じて、これら新技術の今後の活用方法について議論するとともに、双方の人事交流・人材育成を図る。

— 研究成果・効果 —

- (1) 基調講演6件(代表講演2件、若手講演4件)、学生発表20件、WSの参加者は約65名
- (2) 同済大・東工大の強みである建築構造分野における最新の研究トレンドを共有し、今後目指すべき方向性について議論することができた。
- (3) 学生の研究発表会では学生中心の議論の場を設け、実験・解析スキルの向上に繋がる有益な情報交換をすることができた。また、両国のコンクリート系、鉄骨系、木質系など多様な構造種別を題材とすることで様々な研究アプローチに触れる機会を設けることができた。



国際ワークショップ(平成30年度)

「建築構造物の地震工学に関する日韓台合同セミナー」

開催日時: 2018年11月2日(金)～3日(土)

場所: キャンパスプラザ京都, 京都大学桂キャンパス

研究代表者: 谷 昌典(京都大学)

共同研究対応教員: 河野 進

— 研究目的 —

本ワークショップは、日本、台湾、韓国の大学、研究機関、民間企業の建築構造を専門とする研究者や技術者が、建築構造物の耐震工学に関する最新の研究成果について発表・討論し、各国の耐震工学技術に関する情報交換の重要な機会を提供することで、当該分野の振興および技術向上を図ることが大きな目的である。特に、若手研究者にとっては、自らの研究成果を発表し、海外の研究者や技術者と討論ができる格好の場となる。

— 研究成果・効果 —

- (1) 台湾から12名、韓国から16名、日本から37名の合計65名が参加した。一般講演論文28件について口頭発表が行われたのち、それぞれの発表に対して活発な質疑討論が行われた。
- (2) 発表内容は、鉄筋コンクリート造、プレストレストコンクリート造、鉄骨造、合成構造、組積造、免震建物など多岐に渡る建築物に関する構造実験、地震被害、設計法、補修・補強技術、モニタリング技術などであった。各国の最新の研究や知見に触れるとともに、有意義な議論を行うことができた。



集合写真



発表風景

ワークショップ(平成30年度)

「バルクセラミックスの信頼性に関するワークショップ」

開催日時: 第1回ワークショップ (2018年11月30日)

場所: 第1回ワークショップ(東京工業大学 田町キャンパス,
キャンパスイノベーションセンター)

研究代表者: 安田公一(東京工業大学物質理工学院材料系)

共同研究対応教員: 若井史博

— 研究目的 —

ガラス、粉体プロセスで作られる機能性セラミックス、エンジニアリングセラミックスなど、バルクセラミックスの各分野の研究者が一同に会して、分野横断型の議論を徹底的に行い、**次世代ファインセラミックスの高信頼性化に関する基礎科学と基盤技術**を検討するためのワークショップ。さらに、このような議論の場に、大学院生などの若手研究者も巻き込んで、**10年後、20年後のセラミックス分野の中核的人材育成**についての効果も期待している。

— 研究成果・効果 —

- (1) 第1回ワークショップ 講演2件、参加者16名、参加機関 12機関
(2) 1つ1つの講演に対して、質問時間の制限を設けずに**分野横断型で徹底的に議論**したことは、講演者、質問者、聴講者の全員にとって、その講演の内容の十分な理解に繋がって有意義な討論ができた。



"Torsion Strength Measurement of Engineering Ceramics", Fan-Jie Feng and Kouichi Yasuda, *Materials Science Forum*, ISSN: 1662-9752, Vol.922, pp 110-115 (2018).

"Influence of linearity in Weibull plot on accuracy of parameter estimation", Kouichi Yasuda, *Materials Today: Proceedings*, in printing.

ワークショップ(平成30年度)

「卓越した機能発現を目指したセラミックプロセッシングに関するワークショップ」

開催日時: 平成30年7月28日(土)(第1回)、平成30年12月15日(土)(第2回)

場所: 東京工業大学キャンパスイノベーションセンター東京(CIC東京)7階 708号室

研究代表者: 脇谷 尚樹(静岡大学)

共同研究対応教員: 片瀬 貴義

— 研究目的 —

薄膜、微粒子、バルク等幅広い形態の種々の機能性セラミックスについてプロセッシングを最適化することにより卓越した機能を発現させることを目指す。この目的を達成するため、本ワークショップでは多くのセラミックスの研究者によってプロセッシングが結晶構造、微構造、ナノ構造、バンド構造やその他の物性に及ぼす影響について議論・検討を行う。

— 研究成果・効果 —

(1) [第1回研究会] 講演者: 松下伸広教授(東京工業大学)、Dr. Raymond McQuaid(富士通研究所)、坂元尚紀准教授(静岡大学) 参加者: 12名、参加機関: 5機関

[第2回研究会] 講演者: Jeffrey S. Cross教授(東京工業大学)、木口賢紀准教授(東北大学)、中川茂樹教授(東京工業大学)、松田晃史講師(東京工業大学)、参加者17名、参加機関: 9機関

(2) 今年度で8年目のワークショップとなったプロセス研究会であるが、これまでも劣らず熱のこもった議論がなされた。生体活性ナノセラミックスの溶液プロセス、リチウムイオン酸化物全固体電池のコンポジット膜の作製、MRAM用の磁性薄膜の作製などプロセス・応用両面の最先端研究に関する、これまでに無い新しい分野の情報交換がなされた。これにより、研究の幅が広がった・新しい知見を得られた、などの意見が数多く聞かれ、参加者にとって有意義な研究会となった。また参加者間の協力による新たな研究成果も得られつつある。研究会の参加者にもたいへん好評であることから、今後も継続して研究会の開催及び共同利用研究として継続させて頂きたい。