

E - I M R

先端エネルギー材料
理工共創研究センター

Collaborative Research Center on Energy Materials

平成30年度
研究成果報告書

2018 Report on Research Activities



はじめに

先端エネルギー材料理工共創研究センター(E-IMR)は、前身である低炭素社会基盤材料融合研究センター(LC-IMR)を発展的に改組して平成27年4月に発足致しました。

クリーンで経済的な持続的社會を実現するためには、エネルギー変換や物質輸送において高い効率や性能を示す先端材料の開発が不可欠です。本センターでは、理学と工学とを融合した「理工共創」の研究を強力に推進することにより、スピン、電子、イオン、ホール、フォトン等の多様なキャリアを原子レベルで制御した先端エネルギー材料を創成します。理工共創研究のため、理学系及び工学系研究者が新たな研究部門を構成していることも特徴です。このような取り組みにより、エネルギー材料分野での研究フロンティアを開拓して世界最高水準の材料研究を推進するとともに、異分野融合に関する高度な研究能力を持つ若手人材の育成にも努めます。

具体的な研究部とそれぞれの研究ターゲットは以下の通りです。

- 1) スピンエネルギー材料研究部門では、新概念の変換機能を持つエネルギー材料の実現を目指して、スピン流を介したエネルギー変換に関する学理を追求し、変換効率が高く経済性・耐久性にも優れたエネルギー材料の創成に取組み、将来の創エネ・省エネ社会の構築に貢献します。
- 2) イオンエネルギー材料研究部門では、ハイパフォーマンスな全固体二次電池や多機能型二次電池の実現に向けて、イオン輸送と化学エネルギー変換における学理を追求して新規な固体電解質と電極材料の開発に取り組み、新しい電池がもたらす快適な社会の構築に貢献します。
- 3) 光エネルギー材料研究部門では、より多くの電気エネルギーを得ることのできる低コスト・高効率太陽電池の実現を目指して、Si多結晶の融液成長や薄膜成長に関する新しい学理と結晶成長技術の確立を理工共創で取組み、太陽の光エネルギーを最大限に利用する創エネ社会の発展に貢献します。
- 4) 材料プロセス・社会実装研究部門では、本センターの研究成果である先端エネルギー材料が広く社会に実装されていくことを目指し、高い性能と品質を持ち経済性に優れた材料を製造する材料プロセス研究と、エネルギー材料の性能評価手法の開発、材料・デバイスの性能実証に取り組み、先端エネルギー材料を基盤とした新しいエネルギーシステムの構築に貢献します。

平成30年度は、38歳以下の若手研究者による理工共創研究を促進する助成制度を引き続き実施するとともに、東北大学エネルギー研究連携推進委員会や学内外研究機関とも連携して、先端エネルギー材料の理工共創研究を強力に推進しました。今後も、「高効率エネルギー変換・高速輸送現象の実現に向けた新しい学理の構築」、「社会実装を目指した材料創成の指導原理の確立」、そして「理工共創研究による新しい研究能力を持った人材の育成」を目標として取り組んで参ります。本センターの今後の活動にご期待ください。

令和 元(2019)年 9月

先端エネルギー材料理工共創研究センター
センター長 折茂慎一

目次

1. 概要	3
2. 研究成果報告	7
2-1. スピンエネルギー材料研究部	8
2-2. イオンエネルギー材料研究部	16
2-3. 光エネルギー材料研究部	31
2-4. 材料プロセス・社会実装研究部	39
3. 平成30年度エネルギー材料萌芽研究助成成果概要	46
3-1. 分子性磁性膜を基盤とした新規磁気スイッチング材料の開発	47
4. 外部評価資料	48
5. 新聞発表等	66
5-1. プレスリリース	67
5-2. 新聞掲載等	68
6. 外部研究資金	69
6-1. 科学研究費補助金	70
6-2. 科学研究費補助金以外の外部資金	71
7. 知的財産権	73
7-1. 特許リスト	74
8. 各種受賞・表彰	75
8-1. 受賞リスト	76
9. 職員及び運営委員名簿	77
平成30年度 先端エネルギー材料理工共創研究センター名簿	78
平成30年度 先端エネルギー材料理工共創研究センター運営委員会委員	79

1. 概要

持続的実現のための

原子レベルでの複合キャリア制御による

先端エネルギー材料の創成

クリーンで経済的な持続的実現するためには、エネルギー変換や物質輸送において高い効率や性能を実現する先端材料の開発が不可欠です。本センターでは、理学と工学とを融合した「理工共創」の研究を強力に推進することにより、スピン、電子、イオン、ホール、光子等の多様なキャリアを原子レベルで制御した先端エネルギー材料を創成します。理工共創研究のため、理学系および工学系研究者が新たな研究部門を構成していることも特徴です。このような取り組みにより、エネルギー材料分野での研究フロンティアを開拓して世界最高水準の材料研究を推進するとともに、異分野融合に関する高度な研究能力をもつ若手人材の育成にも努めます。



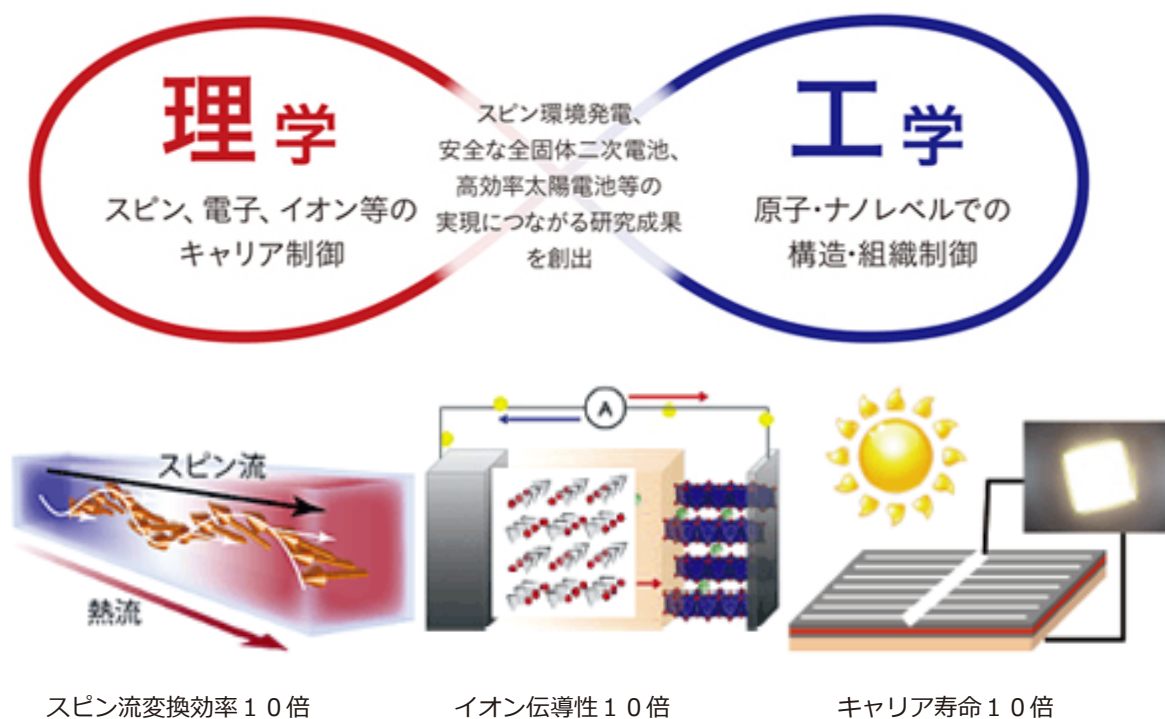
センター長 折茂慎一



- ・高効率エネルギー変換・高速輸送現象の実現に向けた新しい学理の構築
- ・社会実装を目指した材料創成の指導原理の確立
- ・理工共創研究による新しい研究能力を持った人材の育成

原子レベルでの複合キャリア制御

エネルギー変換や物質移動において高い効率や性能を実現するために、スピン、電子、イオン、ホール、光子などの多様なキャリアを複合的に取り扱い原子レベルで制御する。



実施体制

■ 理学系研究部門出身

■ 工学系研究部門出身

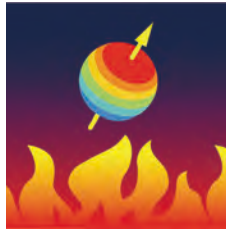


スピンエネルギー材料研究部

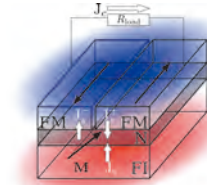
スピン流をエネルギー変換や発電技術に展開する

21世紀に入り、私たちの生活で馴染みのある熱や音波、振動、光等が持つエネルギーから磁気の流れ(スピン流)を生み出し、それを利用して電流を得るといふ、全く新しいエネルギー変換の原理が発見されています。この新しい原理に基づいたエネルギー変換技術が実用的なものになると、私たちは熱や光などのエネルギーをこれまで以上に電力として有効利用することができるようになります。その技術を実用的なものにするためには、新しい原理に基づいたエネルギー変換を高い効率で行うことのできるエネルギー材料の開発が必要となります。さらに、その新しいエネルギー材料には経済性や耐久性も求められてきます。

スピンエネルギー材料研究部門では、新概念の変換機能を持つエネルギー材料の実現を目指して、スピン流を介したエネルギー変換に関する学理を追求し、変換効率が高く経済性・耐久性にも優れたエネルギー材料の創成に取り組み、将来の創エネ・省エネ社会の構築に貢献します。



熱とスピンの相互作用を研究するスピン・カロリトロニクス理論研究に取り組みます。



熱流からスピン流を生産して、電流を得るための材料とデバイスの研究の開発に取り組みます。

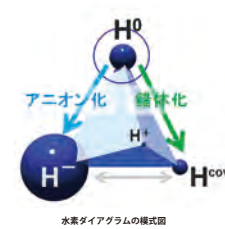
共に
創る

イオンエネルギー材料研究部

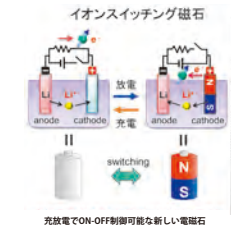
高速イオン伝導材料を利用して近未来型二次電池を創成する

私たちの暮らしの中では、充電して利用する二次電池(蓄電池)が多く使われています。もし、二次電池の充電容量が増え、1回の充電で利用できる時間が長くなり、そして今までの電池にはない機能を持つと、私たちの生活はこれまで以上に快適なものになると期待できます。そのような高い充電性能を持つ電池のひとつが全固体二次電池であり、電池自身に新しい機能を付け加えた近未来型とも言える電池が多機能型二次電池です。これらの優れた全固体二次電池を開発するには全く新しいコンセプトと材料が必要であり、また、多機能型二次電池の実現には充・放電の電池特性と協奏して光や磁場などに応答する新しい材料の開発が求められます。

イオンエネルギー材料研究部門では、ハイパフォーマンスな全固体二次電池や多機能型二次電池の実現に向けて、イオン輸送と化学エネルギー変換における学理を追求して新規な固体電解質と電極材料の開発に取り組み、新しい電池がもたらす快適な社会の構築に貢献します。



水素ダイアグラムの模式図
水素の結合自由度に注目して、多様なイオンの高速伝導の研究に取り組みます。



充放電でON-OFF制御可能な新しい電磁石
スピンやイオンの性質を利用して、二次電池に新しい機能を付加するための研究に取り組みます。

光エネルギー材料研究部

太陽の光エネルギーをより経済的に大量に利用する

太陽光発電に使われるシリコン(Si)多結晶型太陽電池は、Si単結晶型に比べて経済的に製造できますが、光を電気に変換する効率が低いという課題があります。そのエネルギー変換効率を向上できれば、太陽エネルギーの利用が増すばかりではなく、社会への普及が進むことによって市場の拡大と価格の低下が期待され、さらに社会に広く普及するという好循環が生まれる可能性があります。そのためにも高いエネルギー変換効率を実現可能な高品質なSi多結晶を作り出すことが必要です。さらに、高品質化が実現すれば、この基板の上にSiとは異なる光エネルギーを利用する別の材料を結晶成長させた新しい太陽電池の創出も可能となります。

光エネルギー材料研究部門では、より多くの電気エネルギーを得ることのできる低コスト・高効率太陽電池の実現を目指して、Si多結晶の融液成長や薄膜成長に関する新しい学理と結晶成長技術の確立を理工共創で取り組み、太陽の光エネルギーを最大限に利用する創エネ社会の発展に貢献します。



品質の優れたシリコン結晶を効率的に成長させるための研究に取り組みます。



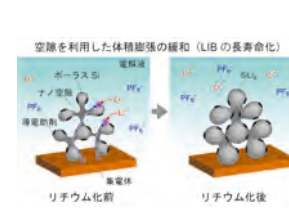
太陽電池用Si多結晶インゴット

材料プロセス・社会実装研究部

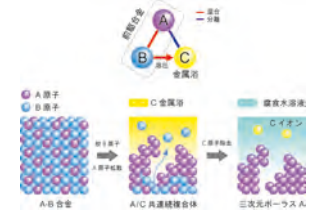
先端エネルギー材料の速やかな社会実装に挑戦する

最新の材料研究で得られる先端技術シーズが社会の中に広がるためには、実用化に向けた多くの課題を乗り越えることが必要になります。エネルギー材料として効率的にエネルギーを生み出したり蓄えたりすることができることや、その導入や維持に係る経済性や安心して利用できる安全性にも優れていることが求められます。これらの要求を満たすエネルギー材料を製造するための材料プロセスを確立するとともに、性能や経済性を評価する研究も重要となります。

材料プロセス・社会実装研究部門では、本センターの研究成果である先端エネルギー材料が広く社会に実装されていくことを目指し、高い性能と品質を持ち経済性に優れた材料を製造する材料プロセス研究と、エネルギー材料の性能評価手法の開発、材料・デバイスの性能実証に取り組み、先端エネルギー材料を基盤とした新しいエネルギーシステムの構築に貢献します。



材料の特性を理解し、問題点があればその解決に向けた研究を行います。



解決方法を実現するための新しい材料作成方法を確立します。

国際共同研究部

エネルギー材料研究の国際共創力を強化する

海外の優秀なエネルギー材料研究者を客員教授として招聘し、新たな研究フロンティアの開拓や成果の社会実装に向けた国際共同研究に取り組みます。

2. 研究成果報告

2-1. スピンエネルギー材料研究部

構成員 教授：Gerrit Ernst-Wilhelm Bauer, 高梨 弘毅 (兼),
准教授：水口 将輝
助教：伊藤 啓太 (兼)
学術研究員：Himanshu Sharma, Sheng Peng (平成 30 年 10 月まで)

【平成 30 年度の成果概要】

Bauer グループでは、強磁性絶縁体におけるスピントロニクスやスピンカロリトロニクスの理論的研究に焦点をあてた。特に、磁気秩序とフォノンあるいはフォトン場との結合を調べた。レーザー光によりマグノンが著しく冷却されることを予測し、角運動量を有するフォノンのポンピングにより磁化のダイナミクスが生じることを示した。また、フェリ磁性を示す Co-Gd/Pt 二層膜におけるスピンホール効果と異方性磁気抵抗効果の実験に関して理論的解釈を行った。

水口グループでは、強磁性金属材料における異常ネルンスト効果の物理の解明と熱電応用に向けた研究展開を進めた。

ホイスラー型強磁性体における熱磁気効果の異常な振る舞いを調べた。スピン偏極率が高い物質群であるハーフメタル強磁性体の一つとして、ホイスラー型合金が知られている。ホイスラー合金は、結晶構造によりフルホイスラーおよびハーフホイスラーに大別されるが、ハーフホイスラー合金は原子の空孔サイトが多く発生し易く、高い熱電特性が報告されている。そこで、 $C1_b$ 型のハーフホイスラー合金である NiMnSb の単結晶薄膜を作製し、その異常ネルンスト効果の温度依存性を測定した。図 1(a) に、膜厚 20 nm の NiMnSb 薄膜の横ゼーベック係数（異常ネルンスト効果に対応）および縦ゼーベック係数の測定温度依存性を示す。温度の減少とともに、横ゼーベック係数は単調に減少するが、100 K 以下の温度領域で、急激に減少することが分かった。これは、フォノン散乱に起因した電気伝導における温度異常と相関していると考えられる。また、縦ゼーベック係数は 100 K 付近でほぼゼロとなることも分かった。これらの測定結果から算出した異常ネルンスト角の

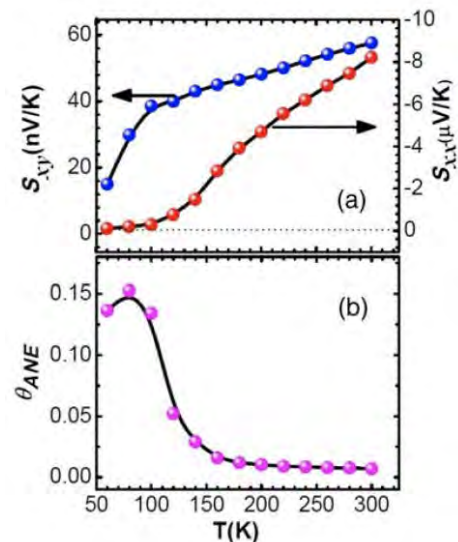


図 1: NiMnSb 薄膜の (a) 横および縦ゼーベック係数の温度依存性、(b) 異常ネルンスト角の温度依存性。

温度依存性を図 1(b) に示す。異常ネルンスト角は低温で大きく上昇し、80 K 付近で 0.15 の最大値を示すことが分かった。これは、低温におけるハーフホイスラー材料のハーフメタル・強磁性転移に応じたネルンスト角の異常として観測されたものであると考えられる。

異常ネルンスト効果の応用を見据えた場合、熱流に対する高速時間応答が重要な知見となる。そこで、熱スピン流から異常ネルンスト電圧への変換過程についてさらに考察を深めるため、パルスレーザーを用いて試料を加熱し、異常ネルンスト効果の時間分解測定を行った。特に、試料の膜厚や磁気異方性と時間分解異常ネルンスト効果の関係について、検討を行った。超高真空マグネトロンスパッタリングにより、膜厚が 1 - 500 nm の範囲で複数の膜厚の $L1_0$ 型規則合金 FePt 薄膜を作製した。異常ネルンスト効果の測定時には、波長 800 nm の Ti: Sapphire レーザーを光源とするパルス幅 120 fs のレーザーパルスを繰り返し周波

数 1 kHz で試料に照射した。その結果、いずれの膜厚の試料についても、パルスレーザーの照射後に、電圧が急激に増加する振る舞いが見られた。レーザー強度を増加すると、観測される電圧が比例して大きくなった。また、印加する磁場の角度を変化すると、電圧も系統的に変化した。これらの結果から、レーザーパルスにより FePt 薄膜面直方向に熱勾配が生じ、これによる異常ネルンスト効果から電圧が生じていると考えられる。膜厚を変えた試料で測定を行ったところ、ネルンスト電圧の膜厚依存性が大きいことが分かった (図 2)。これは、薄膜内に生じる熱勾配の分布が、膜厚に強く依存しているためと考えられる。

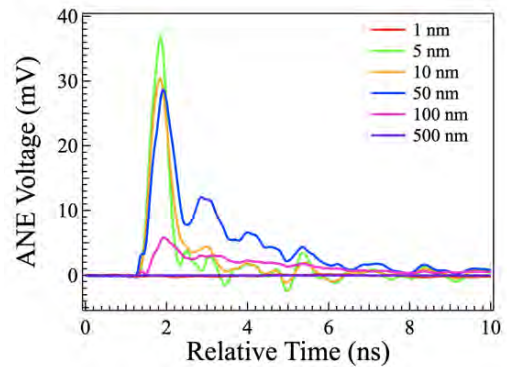


図 2: FePt 薄膜における時間分解ネルンスト電圧の膜厚依存性。

水口グループと高梨グループの共同研究

昨年度までに、MgO 基板上に成膜した γ' -Fe₄N 薄膜の異常ネルンスト効果に強い方位依存性があることを報告した。そこで、今年度は異なる基板上に Fe₄N 薄膜を成膜し、そのネルンスト効果の測定を行った。SrTiO₃(001) 基板上に膜厚 30 nm の Fe₄N 薄膜をエピタキシャル成長し、室温でネルンスト効果を測定した。その結果、薄膜面内の<100>方向に熱勾配を印加した場合のネルンスト電圧は、<110>方向に熱勾配を印加した場合のネルンスト電圧の 1.5 倍程度になっていることが分かった。基板の種類が異なると、その上に成膜された薄膜層に加わる格子ひずみの大きさが変わることが想定されるが、 γ' -Fe₄N は基板の種類に依存せず、ネルンスト効果に異方性があることが示唆された。

【今後の計画】

今後は、三次元高効率・高集積熱電変換デバイス構造の更なる高集積化を進める。作製条件の最適化を行いながら熱電材料としての特性評価を進め、高効率な熱電変換素子実現への応用の足がかりをつけたい。また、パルスレーザーを用いたネルンスト効果の時間分解測定に関しては、FePt 薄膜の磁気異方性依存性などを詳細に測定し、レーザー熱が伝導するダイナミクスとネルンスト効果の関係性を明らかにしていきたい。さらに、MgO、SrTiO₃ 以外の基板上に成膜した Fe₄N 薄膜や、Fe₄N 以外の窒化物強磁性体の熱電特性評価を進め、異方性異常ネルンスト効果の原理解明も進める。

【論文リスト】

1. Alejandro O. Leon, Adam B. Cahaya, Gerrit E. W. Bauer, Voltage Control of Rare-Earth Magnetic Moments at the Magnetic-Insulator–Metal Interface, *Physical Review Letters*, **120**, 2, (2018)
2. Babak Zare Rameshti, Gerrit E. W. Bauer, Indirect coupling of magnons by cavity photons, *Physical Review B*, **97**, 1, 14419 (2018)

3. Jilei Chen, Chuanpu Liu, Tao Liu, Yang Xiao, Xia Ke, Gerrit E. W. Bauer, Mingzhong Wu, Haiming Yu, Strong Interlayer Magnon-Magnon Coupling in Magnetic Metal-Insulator Hybrid Nanostructures, *Physical Review Letters*, **120**, 21, 217202 (2018)
4. Ka Shen, Gerrit E. W. Bauer, Theory of spin and lattice wave dynamics excited by focused laser pulses, *Journal of Physics D-Applied Physics*, **51**, 22, 224008 (2018)
5. J. A. Haigh, N. J. Lambert, S. Sharma, Y. M. Blanter, Gerrit E. W. Bauer, A. J. Ramsay, Selection rules for cavity-enhanced Brillouin light scattering from magnetostatic modes, *Physical Review B*, **97**, 21, 214423 (2018)
6. Simon Streib, Hedyeh Keshtgar, Gerrit E. W. Bauer, Damping of Magnetization Dynamics by Phonon Pumping, *Physical Review Letters*, **121**, 2, 27202 (2018)
7. Sanchar Sharma, Yaroslav M. Blanter, Gerrit E. W. Bauer, Optical Cooling of Magnons, *Physical Review Letters*, **121**, 8, 87205 (2018)
8. W. Zhou, T. Seki, T. Kubota, Gerrit E. W. Bauer, K. Takanashi, Spin-Hall and anisotropic magnetoresistance in ferrimagnetic Co-Gd/Pt layers, *Physical Review Materials*, **2**, 9, 94404 (2018)
9. L. Liang, J. Shan, Q. H. Chen, J. M. Lu, R. Blake, T. T. M. Palstra, Gerrit E. W. Bauer, B. J. van Wees, J. T. Ye, Gate-controlled magnetoresistance of a paramagnetic-insulator vertical bar platinum interface, *Physical Review B*, **98**, 13, 134402 (2018)
10. T. Seki, T. Kubota, T. Yamamoto, K. Takanashi, Size dependence of vortex-type spin torque oscillation in a $\text{Co}_2\text{Fe}_{0.4}\text{Mn}_{0.6}\text{Si}$ Heusler alloy disk, *Journal of Physics D-Applied Physics*, **51**, 7, 75005 (2018)
11. F. Takata, K. Ito, Y. Takeda, Y. Saitoh, K. Takanashi, A. Kimura, T. Suemasu, Preferred site occupation of 3d atoms in $\text{Ni}_x\text{Fe}_{4-x}\text{N}$ ($x=1$ and 3) films revealed by x-ray absorption spectroscopy and magnetic circular dichroism, *Physical Review Materials*, **2**, 2, 24407 (2018)

12. I. Shigeta, T. Kubota, Y. Sakuraba, Cor G Molenaar, Joost N. Beukers, S. Kimura, A. A. Golubov, A. Brinkman, S. Awaji, K. Takanashi, M. Hiroi, Epitaxial contact Andreev reflection spectroscopy of NbN/Co₂FeSi layered devices, *Applied Physics Letters*, **112**, 7, 72402 (2018)
13. T. Tsuchiya, R. Kobayashi, T. Kubota, K. Saito, K. Ono, T. Ohhara, A. Nakao, K. Takanashi, Mn₂VA₁Heusler alloy thin films: appearance of antiferromagnetism and exchange bias in a layered structure with Fe, *Journal of Physics D-Applied Physics*, **51**, 6, 65001 (2018)
14. T. Kubota, Y. Ina, Z. Wen, K. Takanashi, Interface Tailoring Effect for Heusler Based CPP-GMR with an L1₂-Type Ag₃Mg Spacer, *Materials*, **11**, 2, 219 (2018)
15. J. Kim, M. Mizuguchi, N. Inami, T. Ueno, S. Ueda, K. Takanashi, X-ray magnetic circular dichroism and hard X-ray photoelectron spectroscopy of tetragonal Mn₇₂Ge₂₈ epitaxial thin film, *Japanese Journal of Applied Physics*, **57**, 4, 04FN10 (2018)
16. T. Seki, R. Iguchi, K. Takanashi, K. Uchida, Visualization of anomalous Ettingshausen effect in a ferromagnetic film: Direct evidence of different symmetry from spin Peltier effect, *Applied Physics Letters*, **112**, 15, 152403 (2018)
17. T. Tashiro, M. Mizuguchi, T. Kojima, T. Koganezawa, M. Kotsugi, T. Ohtsuki, K. Sato, T. Konno, K. Takanashi, Fabrication of L1₀-FeNi phase by sputtering with rapid thermal annealing, *Journal of Alloys and Compounds*, **750**, 164-170 (2018)
18. N. Nakatani, S. Imai, M. A. Tanaka, T. Kubota, K. Takanashi, K. Mibu, Deposition temperature dependence of interface magnetism of Co₂FeGe-Heusler-alloy/Ag films studied with ⁵⁷Fe Mossbauer spectroscopy, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, **464**, 71-75 (2018)
19. I. Shigeta, T. Kubota, Y. Sakuraba, S. Kimura, S. Awaji, K. Takanashi, M. Hiroi, Transport properties of epitaxial films for superconductor NbN and half-metallic Heusler alloy Co₂MnSi under high magnetic fields, *Physica B-Condensed Matter*, **536**, 310-313 (2018)

20. E. Jackson, M. Sun, T. Kubota, K. Takanashi, A. Hirohata, Chemical and structural analysis on magnetic tunnel junctions using a decelerated scanning electron beam, *Scientific Reports*, **8**, 7585 (2018)
21. T. Seki, R. Iguchi, K. Takanashi, K. Uchida, Relationship between anomalous Ettingshausen effect and anomalous Nernst effect in an FePt thin film, *Journal of Physics D-Applied Physics*, **51**, 25, 254001 (2018)
22. T. Moriyama, W. Zhou, T. Seki, K. Takanashi, T. Ono, Spin-Orbit-Torque Memory Operation of Synthetic Antiferromagnets, *Physical Review Letters*, **121**, 16, 167202 (2018)
23. Z. Wen, T. Kubota, K. Takanashi, Optimization of half-Heusler PtMnSb alloy films for spintronic device applications, *Journal of Physics D-Applied Physics*, **51**, 43, 435002 (2018)
24. M. Mizuguchi, Control of anomalous Nernst effect in spintronic materials, *Japanese Journal of Applied Physics*, **57**, 9, 0902A6 (2018)
25. H. Akinaga, H. Fujita, M. Mizuguchi, T. Mori, Focus on Advanced Materials for Energy Harvesting -Prospects and Approaches of Energy Harvesting Technologies-, *Science and Technology of Advanced Materials*, **19**, 1, 543-544 (2018)
26. Artoni Kevin R. Ang, T. Matsushita, Y. Hashimoto, N. Happo, Y. Yamamoto, M. Mizuguchi, A. Sato, N. Tomita, Y. Shibayama, C. Sasaki, K. Kimura, M. Taguchi, H. Daimon, K. Hayashi, Valence Sensitive X-ray Fluorescence Holography of Fe₃O₄, *Physica Status Solidi (b)*, **255**, 1800100 (2018)
27. F. Takata, K. Ito, T. Suemasu, Fabrication of ordered Fe-Ni nitride film with equiatomic Fe/Ni ratio, *Japanese Journal of Applied Physics*, **57**, 5, 58004 (2018)

【国内会議】

1. BAUER GERRIT ERNST-WILHELM, Spintronics with magnetic Insulators, 東北大金研-QuBS/QST 研究会, 20180606.

2. BAUER GERRIT ERNST-WILHELM, From weak to strong coupling spintronics, Autumn Meeting of the Japanese Physical Society, Doshisha University, 京都, 20180910.
3. 高梨 弘毅, 大学における研究所のあり方 -基礎研究と応用研究-, 早稲田大学各務記念材料技術研究所 80 周年記念講演会, 東京, 20181113.
4. 高梨 弘毅, スピントロニクス入門, 第 66 回応用物理学会春季学術講演会, 東京, 20190309.
5. 伊藤 啓太, FeNiN 薄膜からの脱窒素による $L1_0$ -FeNi 薄膜の形成, 第 42 回日本磁気学会学術講演会, 東京, 20180911-20180914.
6. 伊藤 啓太, BaSi₂ 薄膜への磁性 3d 遷移金属添加の試み, 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会, 東京, 20180918-20180921.
7. 伊藤 啓太, 脱窒素法による $L1_0$ -FeNi 薄膜の作製, 日本金属学会 2018 年秋季講演大会, 仙台, 20180919-20180921.
8. 伊藤 啓太, Growth of Fe₄N/Cu/Fe₄N tri-layer structure for current-perpendicular-to-plane giant magnetoresistance devices, 第 66 回応用物理学会春季学術講演会, 東京, 20190309-20190312.

【国際会議】

1. BAUER GERRIT ERNST-WILHELM, Magnons in Photonic Cavities and Resonators, IEEE INTERMAG, Singapore, 20180427.
2. BAUER GERRIT ERNST-WILHELM, Magnon-phonon hybridization in magnetic insulators, 34th International Conference on the Physics of Semiconductors, Montpellier, 20180803.
3. BAUER GERRIT ERNST-WILHELM, Magnons, phonons, and photons in yttrium iron garnet, Spin Summit 2018, Xingyi, 20180814.

4. BAUER GERRIT ERNST-WILHELM, Spin caloritronics with phonons, Joint European Magnetic Symposia (JEMS) 2018, Mainz, 20180903.
5. BAUER GERRIT ERNST-WILHELM, Who's Afraid of YIG, 8th International Conference on "Nanomaterials: Applications and Properties" (NAP-2018), Zatoka, 20180914.
6. BAUER GERRIT ERNST-WILHELM, Spin Cavitronics with YIG, Summer School on Magnonics, Kiev, 20180918.
7. BAUER GERRIT ERNST-WILHELM, Spin mechanics with magnetic insulators, Spin Mechanics 5, Les Houches, 20190212.
8. BAUER GERRIT ERNST-WILHELM, Spin Pumping at Interfaces, International Workshop on Ultrafast opto-magneto-electronics for non-dissipative information technology, Les Houches, 20190214.
9. BAUER GERRIT ERNST-WILHELM, YIG THE Magnet, NanoFront Winter Retreat 2019 of Delft-Leiden Casimir Research School, Courchevel, 20190321.
10. 高梨 弘毅, IN MEMORY OF PROF. PETER GRÜNBERG, 23rd International Colloquium on Magnetic Films and Surfaces (ICMFS-2018), Santa Cruz, 20180723.
11. 高梨 弘毅, Spin caloritronics in ordered-alloy thin films, The largest multidisciplinary optical sciences meeting in North America (SPIE Optics + Photonics 2018) , San Diego, 20180822.
12. 高梨 弘毅, Spin-caloritronics in ordered-alloy thin films, Spin Mechanics 6, Yamagata, 20190227.
13. 水口 将輝, Spin caloritronics on the spin-orbit interaction, The Korean Physical Society Fall Meeting, Changwon, 201811.
14. 水口 将輝, Synthesis of novel material with large uniaxial magnetic anisotropy, ICEAN 2018, Newcastle, 201810.

15. 水口 将輝, Spin Caloritronics in Nanostructured Materials, ICAUMS 2018, Jeju, 201806.
16. 伊藤 啓太, Growth of FeNiN films toward formation of $L1_0$ -ordered FeNi films by nitrogen topotactic extraction, 21st International Conference on Magnetism, San Francisco, 20180716-20180720.

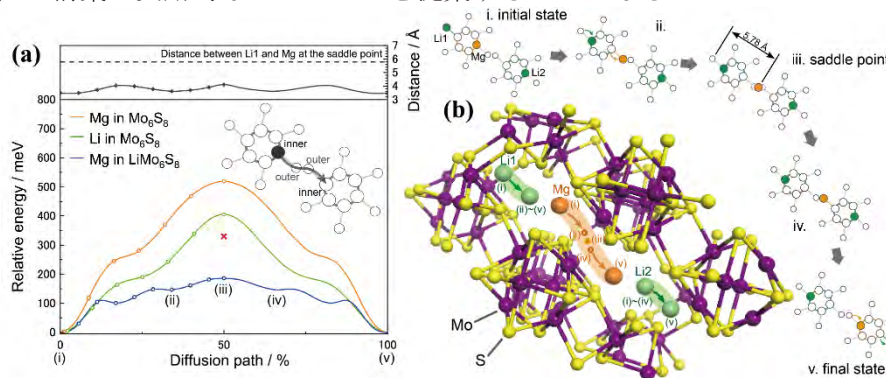
2-2. イオンエネルギー材料研究部

構成員 教授：市坪 哲（兼），宮坂 等（兼）
 准教授：高木 茂幸
 助教：金 相侖（兼）

【平成 30 年度の成果概要】

多価イオンと一価イオンを併用した蓄電デバイス基礎研究：Mg 拡散の促進

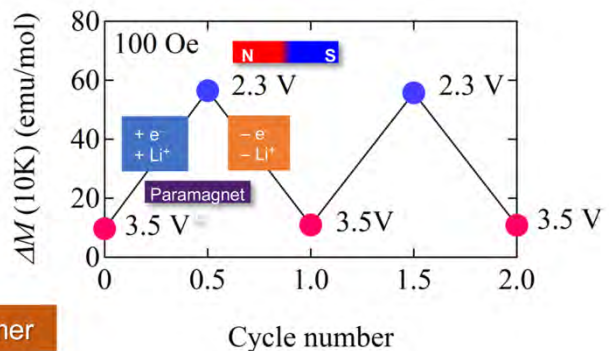
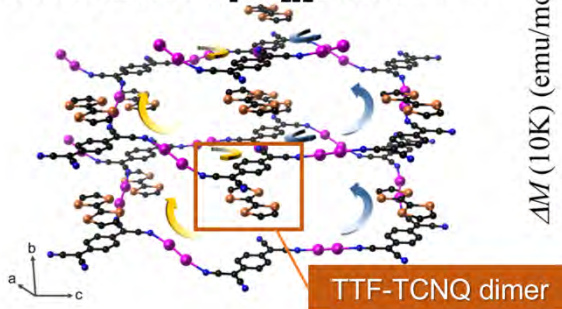
多価カチオンである Mg^{2+} , Zn^{2+} , Al^{3+} などをキャリアイオンとする蓄電池系は、今日、広く使われているリチウムイオン電池の性能を凌ぐ可能性がある次世代の蓄電池技術として注目されている。しかし、これらの多価イオンは、通常、正極活物質内での拡散移動が非常に遅いことが蓄電デバイスの開発に向けて問題となっているが、本研究において、硫化物シェブレル化合物内では、一価カチオンである Li^+ との協奏的相互作用により、 Mg^{2+} イオンの拡散の活性化エネルギーが顕著に低下することを初めて発見した。本研究成果は、未だ解明されていない多価カチオン伝導機構に新たな知見をもたらし、多価カチオンをキャリアとする蓄電池の構築に実用的なアプローチを提案することになる。



TTF-TCNQ スピン二量化が三次元スピン配向を決める：LIB でスピン状態制御

螺旋状の D_{2d} 三次元ネットワーク内に $TTF^{•+}$ が導入された新規集積体の合成に成功した。この化合物は全構築分子上にスピンを有して入るにも拘わらず、 $TTF^{•+}$ と $TCNQ^{•-}$ がスピン Peierls 転移を起こすかのようにスピン二量体 [$TTF^{•+}(\uparrow)/TCNQ^{•-}(\downarrow)$]を形成しており、三次元的な磁気相関を二量体が分断しているため磁気秩序が起こらない。そこで、リチウムイオン電池 (LIB) を使って電気化学的に電子を導入し、 $[TTF^0(\uparrow\downarrow)/TCNQ^{•-}(\downarrow)]$ の状態を誘起する（即ち、スピンを挿入してスピン二量化を崩壊する）ことにより、三次元格子を介した磁気相関を発現させることに成功した。この常磁性体—フェリ磁性体変換は、LIB の放電—充電により可逆にスイッチできる。

3D network of $[Ru_2]_2TCNQ + TTF$



高水素配位錯イオンの擬回転を利用した新たなイオン伝導機構の開拓(高木)

遷移金属錯体水素化物における錯イオンの動的挙動解析を進め、高水素配位の錯イオンに固有な擬回転の発現(図1)を理論的に捉えるとともに、錯体水素化物系イオン伝導体の課題である室温領域でのイオン伝導性改善にも繋がるエントロピー効果を見出した。

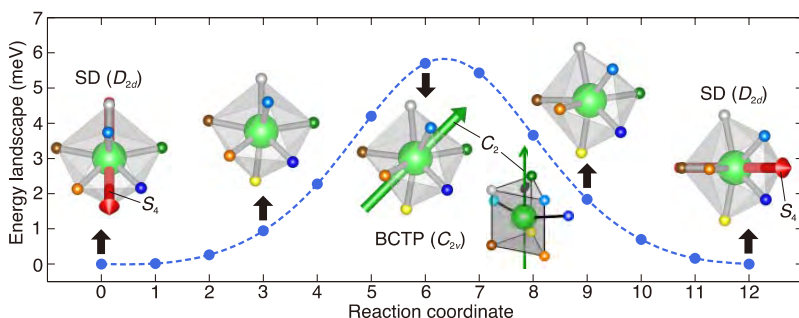


図1. 水素8配位錯イオンの代表的な90°擬回転モードとその過程におけるエネルギー変化。変形五角錐型(SD)の配位モードを有する錯イオンが二側錐三角柱型(BCTP)の配位モードへの変形を経由することで、極めて容易な(低温領域での)再配向が可能となる。

錯体水素化物の超リチウムイオン伝導体の開発(金)

全固体二次電池の固体電解質への応用を目指し、錯体水素化物の新たなイオン伝導体の探索研究に取り組んだ。平成30年度は、籠状クラスター型錯イオンを有する錯体水素化物を主な研究対象とし、複数の錯イオンの固溶による室温での超リチウムイオン伝導率を実現するとともに(図1)。系統的に錯イオンを固溶するための要素技術を確認した。さらに、合成した試料を固体電解質として実装した全固体二次電池を作製し、室温で20回以上の繰り返し充放電を実現するなど、デバイス実証にも取り組んだ。

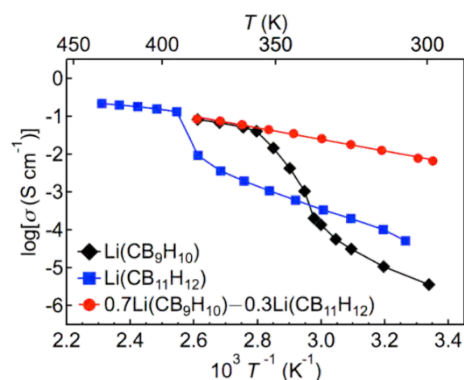


図1. $\text{Li}(\text{CB}_9\text{H}_{10})$ 、 $\text{Li}(\text{CB}_{11}\text{H}_{12})$ 、 $0.7\text{Li}(\text{CB}_9\text{H}_{10})-0.3\text{Li}(\text{CB}_{11}\text{H}_{12})$ のリチウムイオン伝導率のアレニウスプロット。

【令和元年度以降の計画】

多価イオンと一価イオンを併用した蓄電デバイス基礎研究(市坪)

- ・ シェブレル化合物以外の化合物、特にスピネル酸化物などへの適用を試みる。
- ・ デンドライトフリー電極を考案する。

TTF-TCNQ スピン二量化が三次元スピン配向を決める: LIB でスピン状態制御(宮坂)

- ・ MOFを基にした安定LIB構築と物性制御
- ・ LIBの充放電を利用した室温磁石変換

高水素配位錯イオンの擬回転を利用した新たなイオン伝導機構の開拓(高木)

- ・ 擬回転の実験実証
- ・ 擬回転を利用した新たなイオン伝導機構の開拓

錯体水素化物の超リチウムイオン伝導体の開発(金)

- ・ 他の様々なクラスター型錯イオンを有する錯体水素化物において、固溶の効果进行调查。
- ・ 全固体二次電池のサイクル特性の向上に向けて、電気化学的安定性の改善手法を検討。

【論文リスト】

1. H. Li, N. L. Okamoto, T. Hatakeyama, Y. Kumagai, F. Oba, T. Ichitsubo, Fast diffusion of multivalent ions facilitated by concerted interactions in dual-ion battery systems, *Advanced Energy Materials* **8**, 1801475 (2018).
2. H. Fukunaga, M. Tonouchi, K. Taniguchi, W. Kosaka, S. Kimura, H. Miyasaka, Magnetic Switching by the In-Situ Electrochemical Control of Quasi-Spin-Peierls Singlet States in a Three-Dimensional Spin Lattice Incorporating TTF-TCNQ Salts, *Chem. Eur. J.*, **24**, 17, 4294–4303 (2018).
3. K. Taniguchi, N. Shito, H. Fukunaga, H. Miyasaka, Charge-Transfer Layered Assembly of a *trans*-Heteroleptic Paddlewheel-Type Diruthenium (II, II) Complex with a TCNQ Derivative: Electrochemical Tuning of the Magnetism, *Chem. Lett.*, **47**, 5, 664–667 (2018).
4. 高木成幸, 折茂慎一, 高水素配位錯イオンの創製とエネルギー関連機能の創出, *固体物理*, **54**, 5, 247-256 (2019).
5. Sangryun Kim, Hiroyuki Oguchi, Naoki Toyama, Toyoto Sato, Shigeyuki Takagi, Toshiya Otomo, Dorai Arunkumar, Naoaki Kuwata, Junichi Kawamura, Shin-ichi Orimo, A complex hydride lithium superionic conductor for high-energy-density all-solid-state lithium metal batteries, *Nature Communications*, **10**, 1081 (2019).
6. Naoki Toyama, Sangryun Kim, Hiroyuki Oguchi, Toyoto Sato, Shigeyuki Takagi, Masaru Tazawa, Genki Nogami, Shin-ichi Orimo, Lithium ion conductivity of complex hydrides incorporating multiple closo-type complex anions, *Journal of Energy Chemistry*, **38**, 84-87 (2019).
7. Sangryun Kim, Naoki Toyama, Hiroyuki Oguchi, Toyoto Sato, Shigeyuki Takagi, Tamio Ikeshoji, Shin-ichi Orimo, Fast lithium-ion conduction in atom-deficient closo-type complex hydride solid electrolytes, *Chemistry of Materials*, **30**, 386-391 (2018).

8. A Hirata, T. Ichitsubo, P. F. Guan, T. Fujita, M. W. Chen, MW, Distortion of Local Atomic Structures in Amorphous Ge-Sb-Te Phase Change Materials, *Physical Review Letters*, **120**, 20, 205502 (2018)
9. K. Ogawa, T. Ichitsubo, S. Ishioka, Irreversible thermodynamics of ideal plastic deformation, *Cogent Physics*, **5**, 1, 1496613(1-7) (2018)
10. K. Shimokawa H. Matsumoto, T. Ichitsubou, Solvation-Structure Modification by Concentrating Mg(TFSA)₂-MgCl₂- Triglyme Ternary Electrolyte, *The Journal of Physical Chemistry Letters* , **9**, 16, 4732-4737 (2018)
11. Kawaguchi Tomoya, Sakaida Masashi, Oishi Masatsugu, Ichitsubo Tetsu, Fukuda Katsutoshi, Toyoda Satoshi, Matsubara Eiichiro, Strain-Induced Stabilization of Charged State in Li-Rich Layered Transition-Metal Oxide for Lithium-Ion Batteries, *The Journal of Physical Chemistry C*, **122**, 34, 19298-19308 (2018)
12. Wataru Kosaka, Yusuke Takahashi, Masaki Nishio, Keisuke Narushima, Hiroki Fukunaga, Hitoshi Miyasaka, Magnetic Sponge with Neutral-Ionic Phase Transitions, *Advanced Science*, **5**, 2, 1700526(1-10) (2018)
13. Wataru Kosaka, Masahisa Itoh, Hitoshi Miyasaka, Metamagnetism with TN = 97 K in a Layered Assembly of Paddlewheel [Ru₂] Units and TCNQ: An Empirical Rule for Interlayer Distances Determining the Magnetic Ground State, *Materials Chemistry Frontiers*, **2**, 3, 497-504 (2018)
14. K. Kurashima, T. Adachi, K. M. Suzuki, Y. Fukunaga, T. Kawamata, T. Noji, H. Miyasaka, I. Watanabe, M. Miyazaki, A. Koda, R. Kadono, Y. Koike, Development of Ferromagnetic Fluctuations in Heavily Overdoped (Bi,Pb)₂Sr₂CuO_{6+δ} Copper Oxides, *Physical Review Letters*, **121**, 5, 57002(1-6) (2018)
15. Jian Chen, Yoshihiro Sekine, Yuki Komatsumaru, Shinya Hayami, Hitoshi Miyasaka, Thermally Induced Valence Tautomeric Transition in a Two-Dimensional Fe-Tetraoxolene Honeycomb Network, *Angewandte Chemie-International Edition*, **57**, 37, 12043-12047 (2018)

16. Yoshihiro Sekine, Tomoka Shimada, Hitoshi Miyasaka, Ionic Donor-Acceptor Chain Derived from an Electron Transfer Reaction of a Paddlewheel-Type Diruthenium(II, II) Complex and N,N'-Dicyanoquinonediimine, *Chemistry-A European Journal*, **24**, 50, 13093-13097 (2018)
17. Wataru Kosaka, Zhaoyuan Liu, Hitoshi Miyasaka, Layered Ferrimagnets Constructed from Charge-Transferred Paddlewheel [Ru₂] Units and TCNQ Derivatives: The Importance of Interlayer Translational Distance in Determining Magnetic Ground State, *Dalton Transactions*, **47**, 34, 11760-11768 (2018)
18. Po-Jung Huang, Yoshiki Natori, Yasutaka Kitagawa, Yoshihiro Sekine, Wataru Kosaka, Hitoshi Miyasaka, One-Dimensional Chains of Paddlewheel-Type Dichromium(II,II) Tetraacetate Complexes: Study of Electronic Structure Influenced by σ - and π -Donation of Axial Linkers, *Inorganic Chemistry*, **57**, 9, 371-5379 (2018)
19. Jun Zhang, Wataru Kosaka, Kunihisa Sugimoto, Hitoshi Miyasaka, Magnetic Sponge Behavior via Electronic State Modulations, *Journal of The American Chemical Society*, **140**, 16, 5644-5652 (2018)
20. Yoshihiro Sekine, Kinanti H. Aliyah, Tomoka Shimada, Jun Zhang, Wataru Kosaka, Hitoshi Miyasaka, Hammett-Law Correlation in the Electron-Donation Ability of trans-Heteroleptic Benzoate-Bridged Paddlewheel-Type Diruthenium(II, II) Complexes, *Chemistry Letters*, **47**, 5, 693-696 (2018)
21. Wataru Kosaka, Zhaoyuan Liu, Jun Zhang, Yohei Sato, Akihiro Hori, Ryotaro Matsuda, Susumu Kitagawa, Hitoshi Miyasaka, Gas-Responsive porous magnet distinguishes the electron spin of molecular oxygen, *Nature Communications*, **9**, 5420(1-9) (2018)
22. Po-Jung Huang, Yoshiki Natori, Yasutaka Kitagawa, Yoshihiro Sekine, Wataru Kosaka, Hitoshi Miyasaka, Strong electronic influence of equatorial ligands on frontier orbitals in paddlewheel dichromium (II, II) complexes, *Dalton Transactions*, **48**, 3, 908-914 (2018)

23. Toyoto Sato, Anibal J. Ramirez-Cuesta, Luke L. Daemen, Yongqiang Cheng, Shin-ichi Orimo, , Evidence of intermediate hydrogen states in the formation of a complex hydride, *Inorganic Chemistry*, **57**, 2, 867-872 (2018)
24. Toyoto Sato, Shigeyuki Takagi, Magnus H. Sorby, Stefano Deledda, Bjorn C. Hauback, Shin-ichi Orimo, Crystal structural determination of SrAlD₅ with corner-sharing AlD₆ octahedron chains by X-ray and neutron diffraction, *Crystals*, **8**, 2, 89 (2018)
25. Terry D. Humphries, Drew A. Sheppard, Guanqiao Li, Matthew R. Rowles, Mark Paskevicius, Motoaki Matsuo, Kondo-Francois Aguey-Zinsou, M. Veronica Sofianos, Shin-ichi Orimo, Craig E. Buckley, Complex hydrides as thermal energy storage materials: characterisation and thermal decomposition of Na₂Mg₂NiH₆, *Journal of Materials Chemistry A*, **6**, 19, 9099-9108 (2018)
26. Abdelouahab El Kharbachi, Yang Hu, Koji Yoshida, Ponniah Vajeeston, Sangryun Kim, Magnus H Sorby., Shin-ichi Orimo, Helmer Fjellvag, Bjorn C. Hauback, Lithium ionic conduction in composites of Li(BH₄)_{0.75}I_{0.25} and amorphous 0.75Li₂S·0.25P₂S₅ for battery applications, *Electrochimica Acta*, **278**, 332-339 (2018)
27. Eunjeong Yang, Heejin Kim, Sangryun Kim, In Kim, Jaehoon Kim, Hyunjun Ji, Jang Wook Choi, Yousung Jung, Origin of unusual spinel-to-layered phase transformation by crystal water, *Chemical Science*, **9**, 2, 433-438 (2018)

【国内会議】

1. 市坪 哲, Laser-induced rattling motion in resonant-bonding, 第 30 回相変化研究会シンポジウム, 20181016.
2. Po-Jung Huang, Yoshihiro Sekine, Wataru Kosaka, Kouji Taniguchi, Hitoshi Miyasaka, Capture of two electron reduced H₂DCNQI derivative in carboxylate bridged dichromium(II, II) unit containing coordination polymer, 第 134 回金属材料研究所講演会, 仙台, 20180522.

3. Yinan Du, Wataru Kosaka, Hitoshi Miyasaka, Modification of hydroxyl-functionalized MOF by lithium doping and properties in hydrogen adsorption, 第 134 回金属材料研究所講演会, 仙台, 20180523.
4. 永野晃平, 福永大樹, 高坂亘, 宮坂等, π -スタック型ピラードレイヤー構造を有する三次元磁性体におけるガス吸着挙動, 第 134 回金属材料研究所講演会, 仙台, 20180523.
5. 岸上周平, 木村尚次郎, 谷口耕治, 宮坂等, キラルな配位子を有する発光性テルビウム錯体を用いた磁気キラル効果の観測, 第 134 回金属材料研究所講演会, 仙台, 20180523.
6. Jun Zhang, Wataru Kosaka, Yoshihiro Sekine, Kouji Taniguchi, Hitoshi Miyasaka, Host-guest interaction-driven control of magnetic phase transition temperature in a Donor/Acceptor Metal-Organic Framework, 第 134 回金属材料研究所講演会, 仙台, 20180523.
7. Jian Chen, Kouji Taniguchi, Yoshihiro Sekine, Hitoshi Miyasaka, Reversible Control of Magnetic Phase in a Tetraoxolene-Bridged Honeycomb Ferrimagnet via Electrochemical Electron-Doping Method, 第 134 回金属材料研究所講演会, 仙台, 20180523.
8. 宮坂 等, Guest-Sensitive Dynamical Magnets, 日本化学会低次元系光機能材料研究会 第 7 回研究講演会 二次元構造を有する π 電子系の光・電子機能, 東京, 20180622.
9. 小西 龍之助 (中大理工)・山田 将大・高坂 亘・宮坂 等・松本 剛・張 浩徹, 低スピ^ン型ビスセミキノネート Co(II)錯体が示す熱及び圧力誘起状態変化, 錯体化学会第 68 回討論会, 仙台, 20180728.
10. 永野 晃平, 福永 大樹, 高坂 亘, 宮坂 等, π -スタック型ピラードレイヤー構造を有する三次元磁性体のガス吸着挙動, 錯体化学会第 68 回討論会, 仙台, 20180728.

11. 岸上 周平, 木村 尚次郎, 谷口 耕治, 宮坂 等, キラルな配位子を有するテルビウム錯体における発光性磁気キラル効果の観測, 錯体化学会第 68 回討論会, 仙台, 20180728.
12. Po-Jung Huang, Yoshihiro Sekine, Wataru Kosaka, Kouji Taniguchi, Hitoshi Miyasaka, Unprecedented chain compound composed of a dichromium unit and a DCNQI derivative, 錯体化学会第 68 回討論会, 仙台, 20180728.
13. Jian Chen, Kouji Taniguchi, Yoshihiro Sekine, Hitoshi Miyasaka, Reversible Electrochemical Control of Magnetic Phase in Tetraoxolene-Bridged Honeycomb Layered Compounds through a Lithium-Ion Battery System, 錯体化学会第 68 回討論会, 仙台, 20180728.
14. Jun Zhang, Wataru Kosaka, Hitoshi Miyasaka, CO₂ Adsorption-Induced Magnetic Phase Switch in a Layered Ferrimagnet Composed of Paddlewheel-Type [Ru₂] Units and TCNQ, 錯体化学会第 68 回討論会, 仙台, 20180728.
15. 谷口耕治、福永大樹、登内政徳、高坂亘、宮坂等, TTF-TCNQ ユニットを組み込んだ有機金属構造体におけるスピニ量体の電気化学的フィリング制御を介した可逆的磁性相スイッチング, 日本物理学会 2018 年秋季大会, 京田辺, 20180909.
16. Po-Jung Huang, Yoshiki Natori, Yasutaka Kitagawa, Yoshihiro Sekine, Wataru Kosaka, Hitoshi Miyasaka, Experimental and Theoretical Studies on Frontier Orbitals of Carboxylate-bridged-dichromium(II, II) complexes, 錯体化学若手の会東北支部第 10 回勉強会, 仙台, 20181117.
17. Jian Chen, Yoshihiro Sekine, Hitoshi Miyasaka, Thermally Induced Valence Tautomeric Transition in a Two Dimensional Fe Tetraoxolene Honeycomb Network, 錯体化学若手の会東北支部第 10 回勉強会, 仙台, 20181117.
18. Jun Zhang, Wataru Kosaka, Hitoshi Miyasaka, Regulation of Inter layer Interaction in a 2D Layered Magnet via Paramagnetic O₂ Adsorption, 錯体化学若手の会東北支部第 10 回勉強会, 仙台, 20181117.

19. 佐野史弥, 後藤崇臣, 石川忠彦, 沖本洋一, 腰原伸也, 杜毅楠, 高橋優介, 高坂亘, 宮坂等, 中性イオン性相転移を示す新規一次元鎖状高分子における光誘起電荷移動ダイナミクス, 日本物理学会 第 74 回年次大会, 福岡, 20190314.
20. 谷口 耕治, 西尾 正樹, 岸上 周平, 黄 柏融, 木村尚次郎, 宮坂 等, キラル希土類錯体の可視発光における磁気キラル二色性, 日本物理学会 第 74 回年次大会, 福岡, 20190314.
21. HUANG, Po-jung; TANIGUCHI, Kouji; MIYASAKA, Hitoshi, Control of zero-bias photocurrent direction for the photovoltaic effect in polarity-chirality coupled two-dimensional lead (II) iodide perovskites, 日本化学会 第 99 春季年会, 神戸, 20190316
22. Jian CHEN, Yoshihiro SEKINE, Kouji TANIGUCHI, Hitoshi MIYASAKA, Thermally Induced Valence Tautomeric Transition in a Two- Dimensional Fe-Tetraoxolene Honeycomb Network, 日本化学会 第 99 春季年会, 神戸, 20190316.
23. Yoshihiro SEKINE, Hitoshi MIYASAKA, Control of Magnetism for Electrochemical Responsive thin film constructed by charge-transferred assembly of paddlewheel-type diruthenium complex and TCNQ derivatives, 日本化学会 第 99 春季年会, 神戸, 20190316.
24. Wataru KOSAKA, Kohei NAGANO, Hitoshi MIYASAKA, Control of long-range magnetic ordering via gas adsorption in a π -stacked pillared layer Framework, 日本化学会 第 99 春季年会, 神戸, 20190316.
25. 折茂慎一, 水素化物電解質を用いた全固体電池, 第 58 回 電気化学セミナー 全固体電池開発の最前線 ー材料探索から電池構築までー, 大阪, 20180709-20180710.
26. 折茂慎一, 高密度水素化物の材料科学 ー新学術領域ハイドロジェノミクスへの展開 ー, 日本セラミックス協会第 31 回秋季シンポジウム, 名古屋, 20180905-20180907.

27. 大口裕之, 金相倫, 清水亮太, 一杉太郎, 丸山伸伍, 松本祐司, 折茂慎一, 錯体水素化物研究の新展開を目指した錯イオン転写法による LiBH_4 エピタキシャル薄膜合成, 第 79 回応用物理学会秋季大会, 東京, 20180918-20180921.
28. 齋藤寛之, 谷上真惟, 談儀和祐, 綿貫徹, 佐藤豊人, 高木成幸, 折茂慎一, Al-Co 合金の高温高压水素化反応, 日本金属学会 2018 年秋期(第 163 回)大会, 仙台, 20180919-20180921.
29. 高木成幸, 佐藤豊人, 池庄司民生, 折茂慎一, 水素 8 配位錯イオンにおける擬回転, 日本金属学会 2018 年秋期(第 163 回)大会, 仙台, 20180919-20180921.
30. 佐藤豊人, A. J. Ramirez-Cuesta, L. Daemen, Y. Cheng, 池田一貴, 大友季哉, 折茂慎一, 共有結合性水素と水素化物イオンを有する錯体水素化物の脱水素化反応機構の解明, 日本金属学会 2018 年秋期(第 163 回)大会, 仙台, 20180919-20180921.
31. 金相倫, 大口裕之, 外山直樹, 折茂慎一, 錯体水素化物超リチウムイオン伝導体の開発, 日本金属学会 2018 年秋期(第 163 回)大会, 仙台, 20180919-20180921.
32. 木須一彰, 金相倫, 大口裕之, 外山直樹, 折茂慎一, LiBH_4 -LiI 固体電解質を用いた高容量リチウム硫黄全固体電池の開発, 日本金属学会 2018 年秋期(第 163 回)大会, 仙台, 20180919-20180921.
33. 大口裕之, 金相倫, 清水亮太, 一杉太郎, 丸山伸伍, 松本祐司, 折茂慎一, 錯体水素化物初のエピタキシャル薄膜 : LiBH_4 , 日本金属学会 2018 年秋期(第 163 回)大会, 仙台, 20180919-20180921.
34. 麻野隼, 澤田健吾, 松原徳宏, 折茂慎一, 松尾元彰, closo 型錯イオン $[\text{BnHn}]^{2-}$ を有する錯体水素化物での高速イオン伝導, 日本金属学会 2018 年秋期(第 163 回)大会, 仙台, 20180919-20180921.
35. 折茂慎一, 水素科学の最先端—水素ジェノミクス—, 東北大学「第 5 回 MaSC 技術交流会」, 仙台, 20181022.

36. 折茂慎一, 高密度水素化物の材料科学—新学術領域 ハイドロジェノミクス への展開一, 水素エネルギー協会「第 157 回 定例研究会」, 東京, 20181105.
37. 折茂慎一, 高密度水素化物の材料科学—新学術領域 ハイドロジェノミクス への展開一, 第 15 回水素量子アトムクス研究会/第 1 回ハイドロジェノミクス研究会, 柏, 20181115-20181116.
38. 笹原悠輝, 清水亮太, 西尾和記, 大口裕之, 小倉正平, 折茂慎一, 福谷克之, 一杉太郎, $\text{TiH}_{2-\delta}$ エピタキシャル薄膜の伝導キャリアの水素組成依存性, 第 15 回水素量子アトムクス研究会/第 1 回ハイドロジェノミクス研究会, 柏, 20181115-20181116.
39. 齋藤寛之, 森本勝太, 宇野和仁, 谷上真惟, 談儀和祐, 町田晃彦, 綿貫徹, 佐藤豊人, 高木成幸, 折茂慎一, 池田一貴, 大友季哉, 放射光その場観察を利用した新規水素化物の高温高压合成, 第 15 回水素量子アトムクス研究会/第 1 回ハイドロジェノミクス研究会, 柏, 20181115-20181116.
40. 折茂慎一, 高密度水素化物の材料科学—新学術領域 ハイドロジェノミクス への展開一, 日本鉄鋼協会「水素脆化の基本要因と実用課題」フォーラム, 東京, 20181207.
41. 折茂慎一, 高密度水素化物の材料科学—新学術領域 「ハイドロジェノミクス」 への展開一, 日本金属学会・日本鉄鋼協会東海支部特別講演会, 名古屋, 20190313.
42. 齋藤寛之, 宇野和仁, 綿貫徹, 佐藤豊人, 高木成幸, 折茂慎一, Al-Cr 系合金の高温高压下水素化反応の探索(2), 日本金属学会 2019 年春期(第 164 回)大会, 東京, 20190320-20190322.
43. 外山直樹, 金相侖, 大口裕之, 木須一彰, 野口敬太, 田沢勝, 野上玄器, 折茂慎一, LiBH_4 と $\text{B}_{10}\text{H}_{14}$ を用いたクロソ系錯体水素化物の形成過程, 日本金属学会 2019 年春期(第 164 回)大会, 東京, 20190320-20190322.
44. 高木成幸, 池庄司民夫, 折茂慎一, 高水素配位錯イオンにおける擬回転と相転移, 日本金属学会 2019 年春期(第 164 回)大会, 東京, 20190320-20190322.

45. 木須一彰, 金相倫, 大口裕之, 外山直樹, 折茂慎一, $\text{Li}_4(\text{BH}_4)_3\text{I}$ 固体電解質を用いたリチウム-硫黄全固体電池の電極/電解質界面安定性, 日本金属学会 2019 年春季(第 164 回) 大会, 東京, 20190320-20190322.
46. 高木成幸, 池庄司民夫, 佐藤豊人, 折茂慎一, 水素 8 配位錯イオンにおける擬回転, 日本金属学会 2018 年秋季(第 163 回) 大会, 仙台, 20180920.
47. 高木成幸, 池庄司民夫, 折茂慎一, 高水素配位錯イオンにおける擬回転と相転移, 日本金属学会 2019 年春季(第 164 回) 大会, 東京, 20190322.

【国際会議】

1. 市坪 哲, Future Battery Systems Using Multivalent-Ion Carrier Towards Safety and High-Energy Density Storage, The 2nd Symposium for World Leading Research Centers, Sendai, 20190217.
2. Jun Zhang, Wataru Kosaka, Hitoshi Miyasaka, Reversible Control of Intrinsic Spins by Guest Molecules in a Layered Ferrimagnetic Metal-Organic Framework, Intermag 2018 conference(Marina Bay Sands Convention Center), Singapore, 20180423.
3. 宮坂 等, Charge-Transfer Engineering for Porous Magnets, The 10th International Symposium on Nano and Supramolecular Chemistry (ISNSC10) , Dresden, 20180709.
4. Yoshihiro Sekine, Hitoshi Miyasaka, Development of electrochemical-responsive magnetic thin films constructed by charge-transferred donor/acceptor assemblies, 43rd International Conference on Coordination Chemistry (ICCC2018), Sendai, 20180728.
5. Po-Jung Huang, Yoshiki Natori, Yasutaka Kitagawa, Yoshihiro Sekine, Wataru Kosaka, Kouji Taniguchi, Hitoshi Miyasaka, Experimental and Theoretical Studies on Frontier Orbitals of Carboxylate-bridged dichromium(II,II) complexes, 43rd International Conference on Coordination Chemistry (ICCC2018), Sendai, 20180730.

6. Jun Zhang, Wataru Kosaka, Hitoshi Miyasaka, Magnetic phase control in a donor/acceptor metal-Organic framework by cooperative CO₂ adsorption, 43rd International Conference on Coordination Chemistry (ICCC2018), Sendai, 20180730.
7. Wataru Kosaka, Zhaoyuan Liu, Jun Zhang, Hitoshi Miyasaka, Gas-responsive Porous Magnet of a Layered Assembly of Paddlewheel-type Diruthenium Unit and TCNQ, 43rd International Conference on Coordination Chemistry (ICCC2018), Sendai, 20180730.
8. K. Taniguchi, K. Narushima, H. Sagayama, W. Kosaka, N. Shito, H. Miyasaka, Electrochemical Magnetic Phase Switching in Donor/-Acceptor Metal-Organic Frameworks by a Li-Ion Battery System, 43rd International Conference on Coordination Chemistry (ICCC2018), Sendai, 20180730.
9. Jian Chen, Kouji Taniguchi, Yoshihiro Sekine, Hitoshi Miyasaka, Reversible Electrochemical Control of Magnetic Phase in a Tetraoxolene-Bridged Honeycomb Ferrimagnet through a Lithium-Ion Battery System, 43rd International Conference on Coordination Chemistry (ICCC2018), Sendai, 20180730.
10. MIYASAKA Hitoshi, Observation of Magneto-chiral Effect in Luminescent Tb(III) complexes with chiral ligands, Shuhei Kishiue, Kouji Taniguchi, Masaki Nishio, Po-Jung Huang, Shojiro Kimura, Hitoshi Miyasaka, Sendai, 20180730.
11. Kohei Nagano, Hiroki Fukunaga, Wataru Kosaka, Hitoshi Miyasaka, Gas Adsorption Properties Quasi-3D Molecule-Based Magnets with π -Stacked Pillared Layer Framework, 43rd International Conference on Coordination Chemistry (ICCC2018), Sendai, 20180730.
12. 宮坂 等, Porous Magnets for Gas Sensing, 43rd International Conference on Coordination Chemistry (ICCC2018), Sendai, 20180804.
13. 宮坂 等, Guest-Sensitive Dynamical Magnets, The 16th International Conference on Molecule-based Magnets (ICMM2018), Rio de Janeiro, 20180901.

14. 宮坂 等, Magnetic Switching in Redox-Active MOFs Using LIB, M3E.CL 2018 The Multifunctional Materials based on Strategic Metals (a satellite meeting of the ICMM2018) , Santiago, 20180906.
15. 宮坂 等, Porous Magnets for Magnetoionics and Gas Sensing, 2018 Russia-Japan Joint Seminar “Non-equilibrium processing of materials: experiments and modeling”, Novosibirsk, 20181001.
16. Kohei Nagano, Hiroki Fukunaga, Wataru Kosaka, Hitoshi Miyasaka, Gas Adsorption Properties of Quasi-3D Molecule-Based Magnets with a π -Stacked Pillared Layer Framework, 第 136 回金属材料研究所講演会, Sendai, 20181029.
17. Shuhei Kishiue, Kouji Taniguchi, Shojiro Kimura, Hitoshi Miyasaka, Observation of Magneto-chiral Dichroism in 1D CuII CrIII Complexes with Chiral Cyclohexanediamine Ligands, 第 136 回金属材料研究所講演会, Sendai, 20181029.
18. CHEN, Jian; SEKINE, Yoshihiro; TANIGUCHI, Kouji; MIYASAKA, Hitoshi, Thermally Induced Valence Tautomeric Transition in a Two-Dimensional Fe-Tetraoxolene Honeycomb Network, 第 136 回金属材料研究所講演会, Sendai, 20181029.
19. 宮坂 等, Porous Magnets for Gas Sensing, SMS2018 (IMR), Sendai, 20181029.
20. 宮坂 等, Dynamical $p\pi-d\pi$ Figuration Tuned by Gas Accommodations, π SYSTEM FIGURATION EUROPEAN-JAPANESE WORKSHOP 2018 (π -EJ 2018), Dubrovnik, 20181104.
21. 宮坂 等, Porous Magnets for Gas Sensing, 2018 Nankai International Symposium on Advanced Materials , Nankai University, 20181112.
22. 宮坂 等, Magnetic Switching in Redox-Active MOFs Using LIB, Workshop on “Solid-State Electrochemistry for Coordination Complexes”, Nagoya, 20190128.
23. 大口裕之, 折茂慎一, Evolution of epitaxial film growth techniques for hydrides, The 4th Korea-Japan Joint Symposium on Hydrogen in Materials, Buyeo, 20181115-20181117.

24. S. Orimo, Materials science of high-density hydrides - toward the HYDROGENOMICS -, 13th Int. Symposium Hydrogen & Energy, Incheon, 20190120-20190125.

25. T. Sato, K. Ikeda, T. Otomo, A.J. Ramirez-Cuesta, L. Daemen, Y. Cheng, S. Orimo, A complex transition metal hydride formation process studied by neutron scattering, 13th Int. Symposium Hydrogen & Energy, Incheon, 20190120-20190125.

2-3. 光エネルギー材料研究部

構成員 教授：藤原 航三
 准教授：木口 賢紀（兼）
 助教：前田健作（兼）

【平成 30 年度の成果概要】

1. Si の融液成長メカニズムの基礎研究

太陽電池用 Si 多結晶において、結晶粒界や亜粒界の制御は太陽電池の高変換効率化のためには不可欠である。しかしながら、融液からの一方向凝固過程で結晶粒界や亜粒界がどのようなメカニズムで発展していくのかが理解されておらず、その制御方法も見出されていない。本年度は、粒界が固液界面でどのような挙動を示すのかを基礎的に解明した。

図 1 左は、大角粒界を 1 つ含んだ Si 結晶の一方向凝固過程を直接観察した結果である。図中の破線は元々結晶粒界が存在していた位置を示している。また、固液界面の粒界位置には

{111} ファセット面で囲まれた粒界溝が形成されており、溝の先端に結晶粒界が存在している。本観察により、結晶成長の進行とともに粒界位置が元の位置から上下方向に変化する様子が観察された。図 1 右は粒界溝を形成している 2 つのファセット面の成長速度を解析した結果である。結晶成長に伴い 2 つのファセット面の成長速度の大小関係が変化しており、これに応じて粒界の進行方向が変化している。つまり、粒界溝内の温度揺らぎにより 2 つのファセット面の成長速度に違いが生じ、これにより粒界の進行方向が支配されることが明らかとなった。

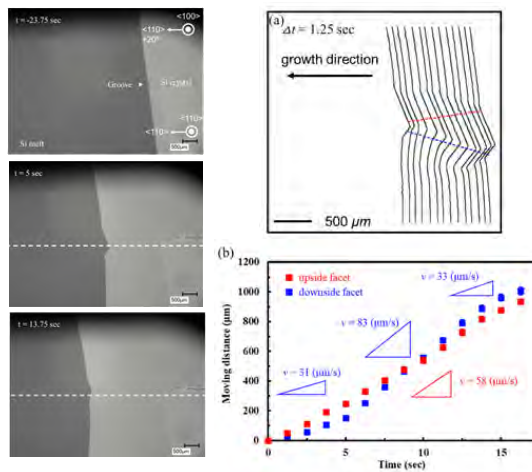


図 1 Si の一方向凝固過程における粒界の位置変化の観察および解析結果。

図 2 は、(a) 2 つの小角粒界が固液界面で衝突し新たに 1 つの小角粒界が形成される様子を直接観察した結果、(b) 観察領域の EBSD による方位解析結果、および (c) 観察領域の TEM 観察結果（暗視野像）である。図 2(c) より、新たに形成された小角粒界の移動方向は、衝突直後は結晶成長方向と平行方向であるが、直ちに左斜め上方向に向きを変えていることがわかる。これにより、亜粒界を形成している転位密度が減少している。小角粒界はそのエネルギーを低減させる方向へ移動方向を変化させることが明らかとなった。

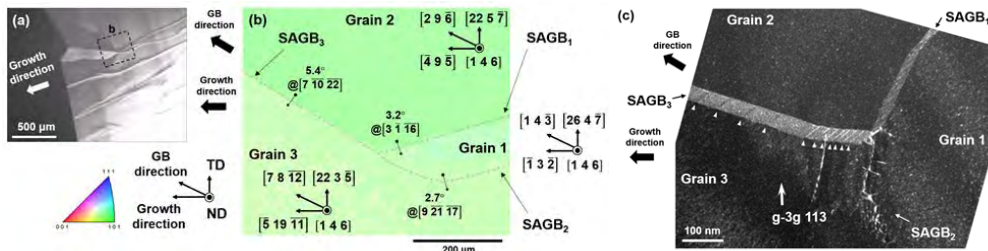


図 2 小角粒界の有働方向の観察および解析結果。

【今後の計画】

Si の融液成長メカニズムに関する研究：Si 多結晶の一方向凝固過程における結晶粒界同士の反応について詳細に調べ、多結晶組織の形成メカニズムを明らかにする。また、結晶粒界が固液界面不安定化に及ぼす影響について調べ、粒界の種類が結晶成長メカニズムに及ぼす影響と固液界面不安定化の支配因子を明確にする。

太陽電池用 Si バルク多結晶の成長技術開発：ルツボとの反応を極力低減させる結晶成長技術を開発する。この技術をベースとして、多結晶組織が制御された高品質 Si バルク多結晶を実現する。

【論文リスト】

1. Kensaku Maeda, Akira Niitsu, Haruhiko Morito, Keiji Shiga, Kozo Fujiwara, In situ observation of grain boundary groove at the crystal/melt interface in Cu, *Scripta Materialia*, **146**, 169-172 (2018)
2. Lu-Chung Chuang, Kensaku Maeda, Haruhiko Morito, Keiji Shiga, Wolfram Miller, Kozo Fujiwara, In situ observation of interaction between grain boundaries during directional solidification of Si, *Scripta Materialia*, **148**, 37-41 (2018)
3. Kuan-Kan Hu, Kensaku Maeda, Haruhiko Morito, Keiji Shiga, Kozo Fujiwara, In situ observation of grain-boundary development from a facet-facet groove during solidification of silicon, *Acta Materialia*, **153**, 186-192 (2018)
4. Keiji Shiga, Leo Billaut, Kensaku Maeda, Haruhiko Morito, Kozo Fujiwara, In-situ observation of instability of a crystal-melt interface during the directional growth of pure antimony, *AIP Advances*, **8**, 7, 75121 (2018)
5. Tetsuro Muramatsu, Yusuke Hayama, Kentaro Kutsukake, Kensaku Maeda, Tetsuya Matsumoto, Hiroaki Kudo, Kozo Fujiwara, Noritaka Usami, Application of weighted Voronoi diagrams to analyze nucleation sites of multicrystalline silicon ingots, *Journal of Crystal Growth*, **499**, 62-66 (2018)
6. L. C. Chuang, K. Maeda, H. Morito, K. Shiga, K. Fujiwara, Origin of small-angle grain boundaries during directional solidification in multicrystalline silicon, *Materialia*, **3**, 347-352 (2018)

7. Wei Yi, Jun Chen, Shun Ito, Koji Nakazato, Takashi Kimura, Takashi Sekiguchi, Kozo Fujiwara, Investigation of Si Dendrites by Electron-Beam-Induced Current, *Crystals*, **8**, 8, 317-323 (2018)
8. M. Mokhtari, K. Fujiwara, G. Takakura, K. Maeda, H. Koizumi, J. Nozawa, S. Uda, Instability of crystal/melt interface in Si-rich SiGe, *Journal of Applied Physics*, **124**, 8, 85104 (2018)
9. Haruhiko Morito, Masashi Shimoda, Hisanori Yamane, Kozo Fujiwara, Crystal Growth Conditions of Types I and II Na-Si Clathrates by Evaporation of Na from a Na-Si-Sn Solution, *Crystal Growth & Design*, **18**, 1, 351-355 (2018)
10. Takanori Kiguchi, Takahisa Shiraishi, Takao Shimizu, Hiroshi Funakubo, Toyohiko J. Konno, Domain orientation relationship of orthorhombic and coexisting monoclinic phases of YO_{1.5}-doped HfO₂ epitaxial thin films, *Japanese Journal of Applied Physics*, **57**, 11, 11UF16(1-7) (2018)
11. Takahisa Shiraishi, Yoshiharu Ito, Mutsuo Ishikawa, Hiroshi Uchida, Takanori Kiguchi, Minoru K. Kurosawa, Hiroshi Funakubo, Toyohiko J. Konno, Preparation of {001}c-oriented epitaxial (K, Na)NbO₃ thick films by repeated hydrothermal deposition technique, *Journal of The Ceramic Society of Japan*, **126**, 5, 281-285 (2018)
12. Kazuhisa Sato, Shunya Tashiro, Shuhei Matsunaga, Yohei Yamaguchi, Takanori Kiguchi, Toyohiko J. Konno, Evolution of long-period stacking order (LPSO) in Mg₉₇Zn₁Gd₂ cast alloys viewed by HAADF-STEM multi-scale electron tomography, *Philosophical Magazine*, **98**, 21, 1945-1960 (2018)
13. Takahisa Shiraishi, Sujin Choi, Takanori Kiguchi, Takao Shimizu, Hiroshi Uchida, Hiroshi Funakubo, Toyohiko J. Konno, Fabrication of ferroelectric Fe doped HfO₂ epitaxial thin films by ion-beam sputtering method and their characterization, *Japanese Journal of Applied Physics*, **57**, 11, 11UF02(1-5) (2018)
14. Takao Shimizu, Takanori Mimura, Takanori Kiguchi, Takahisa Shiraishi, Toyohiko Konno, Yoshio Katsuya, Osami Sakata, Hiroshi Funakubo, Ferroelectricity mediated by ferroelastic

domain switching in HfO₂-based epitaxial thin films, *Applied Physics Letters*, **113**, 21, 212901(1-5) (2018)

15. S. Choi, T. Shiraishi, T. Kiguchi, T. Shimizu, H. Funakubo, T. J. Konno, Formation of polar phase in Fe-doped ZrO₂ epitaxial thin films, *Applied Physics Letters*, **113**, 26, 262903(1-5) (2018)
16. Espen Undheim, Kensaku Maeda, Lars Arnberg, Randi Holmestad, Kozo Fujiwara, Marisa Di Sabatino, In-situ studies of multicrystalline silicon nucleation and growth on α - and β -Si₃N₄ coated substrates, *Journal of Crystal Growth*, **482**, 75-84 (2018)

【国内会議】

1. Takanori Kiguchi, 窒化物・酸化物半導体における 構造欠陥のマルチスケール解析, 新学術領域研究「特異構造の結晶科学」第2回領域全体会議, , 20180423.
2. 伊東良晴, 舘山明紀, 中村美子, 清水荘雄, 折野裕一郎, 黒澤実, 内田寛, 白石貴久, 木口賢紀, 今野豊彦, 熊田伸弘, 石河睦生, 水熱合成法で作製した (K, Na)NbO₃ 配向体の合成とその特性評価, 粉体粉末冶金協会 平成30年度春季大会 (第121回講演大会), 京都, 20180514-20180516.
3. 武藤優太, 白石貴久, 木口賢紀, 今野豊彦, 水熱合成による (K, Na) (NbTa)O₃ 膜の低温合成, 第135回金属材料研究所講演会, 仙台, 20180523-20180524.
4. 木口賢紀, 電子チャネリング挙動に着目した収差補正 STEM 像の解釈, 日本顕微鏡学会 2018年夏の電子顕微鏡解析技術フォーラム, 西宮, 20180824-20180825.
5. 木口賢紀, 電子チャネリング挙動に着目した収差補正 STEM 像の解釈, 日本顕微鏡学会・電子顕微鏡解析技術分科会 2018年夏の電子顕微鏡解析技術フォーラム, 西宮, 20180825.

6. 木口賢紀, 白石貴久, 崔瓏珍, 三村和仙, 清水荘雄, 舟窪浩, 今野豊彦, 直方晶相ハフニア薄膜のドメイン構造の電子エネルギー損失分光, 日本セラミックス協会 第 31 回秋季シンポジウム, 名古屋, 20180905.
7. 木口賢紀, 窒化物・酸化物半導体における 構造欠陥のマルチスケール解析, 新学術領域研究「特異構造の結晶科学」 第 3 回領域全体会議, 20180908.
8. 木口賢紀, 兒玉裕美子, 白石貴久, 今野豊彦, 谷川智之, N 極性 InGaN/GaN 量子井戸における構造の不均一性, 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会, 東京, 20180918.
9. 木口賢紀, 白石貴久, 三村和仙, 清水荘雄, 舟窪浩, 今野豊彦, STEM-EELS 法による直方晶相ハフニア薄膜の結晶構造評価, 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会, 東京, 20180920.
10. 木口賢紀, 清水匠, 白石貴久, 今野豊彦, (注目講演) 組成相境界近傍の PZT エピタキシャル薄膜 における微細構造, 第 66 回応用物理学会春季学術講演会, 東京, 20190311.
11. 木口賢紀, 白石貴久, 三村和仙, 清水荘雄, 舟窪浩, 今野豊彦, 強誘電性ハフニア薄膜におけるドメイン構造のイメージング, 日本金属学会 2019 年春期 (第 164 回) 講演大会, 東京, 20190320-20190322.
12. 清水匠, 木口賢紀, 白石貴久, 今野豊彦, PZT 薄膜における組成相境界近傍のドメイン構造, 日本セラミックス協会 2019 年年会, 東京, 20190324.
13. 木口賢紀, 白石貴久, 三村和仙, 清水荘雄, 舟窪浩, 今野豊彦, 直方晶相ハフニア薄膜におけるドメイン構造, 日本セラミックス協会 2019 年年会, 東京, 20190324.
14. 木口賢紀, 清水匠, 白石貴久, 今野豊彦, PbTiO₃ エピタキシャル薄膜の界面急峻性に及ぼす半導性 SrTiO₃ 基板の影響, 日本セラミックス協会 2019 年年会, 東京, 20190324.

15. 荘履中, 前田健作, 森戸春彦, 志賀敬次, 藤原航三, Origin of small-angle grain boundaries during directional solidification in multicrystalline silicon, 日本金属学会 2018 年秋期講演 (第 163 回) 大会, 仙台, 20180919-20180921.
16. Leo Billaut, 志賀敬次, 前田健作, 森戸春彦, 藤原航三, Influence of temperature gradient on solid-melt interface perturbation for pure antimony, 日本金属学会 2018 年秋期講演 (第 163 回) 大会, 仙台, 20180919-20180921.
17. 胡 寛侃, 前田健作, 志賀敬次, 森戸春彦, 藤原航三, Moving direction of grain boundary during directional solidification of mc-Si, 日本金属学会 2018 年秋期講演 (第 163 回) 大会, 仙台, 20180919-20180921.
18. 吉澤拓哉, 志賀敬次, 前田健作, 森戸春彦, 藤原航三, BiSb における固液界面不安定化のその場観察, 第 47 回結晶成長国内会議, 20181031-20181102.
19. 新津陽, 前田健作, 志賀敬次, 森戸春彦, 藤原航三, 純銅の融点における粒界エネルギーの測定, 第 47 回結晶成長国内会議, 20181031-20181102.
20. Kuan-Kan Hu, Kensaku Maeda, Haruhiko Morito, Keiji Shiga, Kozo Fujiwara, Grain boundary development during directional solidification of mc-Si, 第 47 回結晶成長国内会議, 20181031-20181102.
21. 荘履中, 前田健作, 森戸春彦, 志賀敬次, 木口賢紀, 兒玉裕美子, 藤原航三, Initiation and development of small-angle grain boundaries during directional solidification of multicrystalline silicon, 第 47 回結晶成長国内会議, 20181031-20181102.
22. 河野優人, 志賀敬次, 前田健作, 森戸春彦, 藤原航三, 一方向成長過程における GaSb 固液界面のその場観察, 第 47 回結晶成長国内会議, 20181031-20181102.

23. 荘履中, 前田健作, 森戸春彦, 志賀敬次, 藤原航三, A {112} Σ 3 boundary grown from the decomposition of a Σ 9 boundary during directional solidification of multicrystalline silicon, 日本金属学会 2019 年春期 (第 164 回) 講演大会, 東京, 20190320-20190322.
24. 志賀敬次, 河野優人, 前田健作, 藤原航三, GaSb の一方向凝固過程における dendrite 成長のその場観察, 日本金属学会 2019 年春期 (第 164 回) 講演大会, 東京, 20190320-20190322.
25. 胡 寛侃, 前田健作, 志賀敬次, 森戸春彦, 藤原航三, Morphological transformation of melt crystal Si interface including twin boundaries, 日本金属学会 2019 年春期 (第 164 回) 講演大会, 東京, 20190320-20190322.

【国際会議】

1. Takanori Kiguchi, Takahisa Shiraishi, Toyohiko J. Konno, Takao Shimizu, Takanori Mimura, Hiroshi Funakubo, Electron Microscopic Study on Domain Structure in HfO₂ based Thin Films, 2018 ISAF-FMA-AMF-AMEC-PFM Joint Conference (IFAAP 2018), Hiroshima, 20180529.
2. T. Kiguchi, K. Sato, T.J. Konno, Electron Microscopy Study on Precipitation Mechanism of Mg-Zn-Gd alloys, THERMEC 2018, Paris, 20180708-20180713.
3. Takanori Kiguchi, Yumiko Kodama, Takahisa Shiraishi, Toyohiko J. Konno, and Tomoyuki Tanikawa, Defect structure analysis of N-polar InGaN/GaN quantum-well structure, International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN) 2018, Kanazawa, 20181115.
4. T. Kiguchi, K. Sato, and T.J. Konno, Electron Microscopic Study on Aging Precipitation of Mg alloys with Various Concentration of Solute Elements, The 4th International Symposium on Long-Period Stacking Ordered Structure and Mille-Feuille Structure (LPSO 2018), Kumamoto, 20181204.
5. (Invited) K. Maeda, Formation mechanism of twin boundary and fabrication of periodically-twinned structure in borate crystal, International Symposium on Modeling of Crystal Growth Processes and Devices (MCGPD-2019), Kalavallam (India), 20190228.

6. (Invited) Lu-C. Chuang, K. Maeda, K. Shiga, H. Morito, W. Miller, K. Fujiwara, In situ observation of interaction between grain boundaries during directional solidification of Si, 3rd German Polish Conference on Crystal Growth (GPCCG3), Poznan (Poland), 20190320.

2-4. 材料プロセス・社会実装研究部

構成員 教授：加藤 秀実, 特任教授：河野 龍興
准教授：Rodion Vladimirovich Belosludov
学術研究員：江口 和輝

【平成 30 年度の成果概要】

多孔質金属を有機金属構造体 (MOF) で修飾したハイブリッド水素吸蔵材料の開発

ナノ Pd 粒子に MOF を修飾すると、水素吸蔵量および吸放出速度が向上することが報告された。当研究部が、室温常圧近傍で水素を吸放出することで知られるバナジウムをポーラス化し、これにイオンエネルギー材料部が MOF 修飾し、その水素吸蔵特性への影響を評価した。ポーラスバナジウム作製時に形成した表面酸化被膜がバナジウム MOF との相互作用や水素吸放出の障害になると考え、これに塩酸により除去してから MIL101 を修飾したが、特性の改善には至らなかった。

気象情報を活用した次世代型防災対応エネルギーマネジメントの開発

仙台市内に約200か所設置されている防災対応型太陽光発電システムにおいて、蓄電池制御を用いた次世代型防災対応エネルギーマネジメントの開発を平成29年度から実施しており、太陽光発電量と使用電力量の解析結果から充放電パターンを生成してシステム制御を行ってきた。今回更に防災性を強化すべく気象情報の活用に着目し、日本気象協会との連携を開始して、日射量予測や注警報などの詳細な気象情報を利用した制御技術を開発し、本システムの更なる高度化を行った。また、非常時に備えて注意報・警報情報から蓄電池へ急速充電する機能に関する効果も日本各地に大きな被害をもたらした、2018年9月30日に宮城に直撃した台風24号にて検証した。

有機太陽電池応用に向けたアザ BODIPY とナノカーボン材料錯体の開発

1,7 ジピレンアザ BODIPY 及び 1,7 ジピレン 3,5 ジフェロセンアザ BODIPY 誘導体シリーズを作製し、実験・理論的に定量化した。新アザ BODIPY 化合物の完全な構造と電子物性定量評価によって、 α 位置置換による電子物性の調整が可能であることを示した。密度汎関数理論 (DFT) 及び時間依存 DFT 計算が、実験データを支援するために実施された。その結果により、1,7 ジピレンアザ BODIPY とナノカーボン材料との間の相互作用エネルギーが小さいことが明らかになった。ピレンリガンドなしの相似の制御化合物との直接比較により、ピレン置換はナノカーボン材料を用いた複合物生成促進および誘導に非効果的であることが判明した。

【今後の計画】

ポーラスバナジウムの水素吸蔵・放出特性に及ぼす MOF 修飾の調査では、ポーラスバナジウムの形成工程に由来して残存するニッケル濃度が水素化圧を引き上げるため、これを低減する作製法を考案し MOF 修飾に進める。また、吸着水素分子(ゲスト)と MOF (ホスト構造)の相互作用の役割算定、および、ゲスト-ゲスト相互作用のホスト構造とガス貯蔵量への影響を計算機科学によって明らかにし、MOF の選定等にフィードバックする。次世代型防災対応エネルギーマネジメントでは、余剰電力を最適活用しつつ、災害時での残量電力量や使用電力量を「見える化」することにより、避難所での実運営に活用できるシステム構築を開発する。遠隔監視を用いてリアルタイムに把握するとともに、小型通信装置を設置して実証実験を開始する。また蓄電量を増大させるシステムとして、水素エネルギーシステム開発検討も行う。各種 Si クラスレート構造の電子的及び熱力学的性質を研究する。その内容には、ゲスト原子及び直接 Si 置換による Si フレームワークのドーピングによる電子的性質及び Si クラスレートの安定性算定が含まれる。実験グループとの共同研究として実施する予定である。

【論文リスト】

1. 達久将成、矢代航、百生敦、加藤秀実, Pd 基金属ガラスを用いた高アスペクト比回折格子の作製技術の確立, *粉体および粉末冶金*, **65**, 1, 52-56 (2018)
2. Takeshi Wada, Pierre-Antoine Geslin, Hidemi Kato, Preparation of hierarchical porous metals by two-step liquid metal dealloying, *Scripta Materialia*, **142**, 101-105 (2018)
3. Ilya Vladimirovich Okulov, Sviatlana V. Lamaka, Takeshi Wada, Kunio Yubuta, Mikhail L. Zheludkevich, Joerg Weissmueller, Juergen Markmann, Hidemi Kato, Nanoporous magnesium, *Nano Research*, **11**, 12, 6428-6435 (2018)
4. V. Yu. Zadorozhnyy, D. S. Kozak, X. Shi, T. Wada, D. V. Louzguine-Luzgin, H. Kato, Mechanical properties, electrochemical behavior and biocompatibility of the Ti-based low-alloys containing a minor fraction of noble metals, *Journal of Alloys and Compounds*, **732**, 915-921 (2018)
5. Alethea Liens, Aurelien Etienne, Pascaline Rivory, Sandra Balvay, Jean-Marc Pelletier, Sandrine Cardinal, Damien Fabregue, Hidemi Kato, Philippe Steyer, Tais Munhoz, Jerome Adrien, Nicolas Courtois, Daniel J. Hartmann, Jerome Chevalier, On the Potential of Bulk

- Metallic Glasses for Dental Implantology: Case Study on $Ti_{4.0}Zr_{1.0}Cu_{3.6}Pd_{1.4}$., *Materials*, **11**, 2, 249 (2018)
6. Oriane Baulin, Damien Fabregue, Hidemi Kato, Alethea Liens, Takeshi Wada, Jean-Marc Pelletier, A new, toxic element-free Mg-based metallic glass for biomedical applications, *Journal of Non-Crystalline Solids*, **481**, 397-402 (2018)
 7. J. C. Qiao, Y. X. Chen, J. M. Pelletier, H. Kato, D. Crespo, Y. Yao, V. A. Khonik, Viscoelasticity of Cu- and La-based bulk metallic glasses: Interpretation based on the quasi-point defects theory, *Materials Science and Engineering A-Structural Materials Properties Microstructure and Processing*, **719**, 164-170 (2018)
 8. 朱 修賢、和田 武、加藤秀実、Hong Soon-Jik, Kim Hyoung Seop, メカニカルアロイ
ングによる CoCrFeMnNi ハイエントロピー合金粉末の作製とその放電プラズマ焼結、
まてりあ, **57**, 7, 333-334 (2018)
 9. I. V. Okulov, A. V. Okulov, I. V. Soldatov, B. Luthringer, R. Willumeit-Roemer, T. Wada, H. Kato, J. Weissmueller, J. Markmann, Open porous dealloying-based biomaterials as a novel biomaterial platform, *Materials Science & Engineering C-Materials for Biological Applications*, **88**, 95-103 (2018)
 10. Guo Wei, Kato Hidemi, Lu Shulin, Wu Shusen, Porous NiTi Particle Dispersed Mg-Zn-Ca Bulk Metallic Glass Matrix Composites, *MATERIALS*, **11**, 10, (2018)
 11. Morgane Mokhtari, Christophe Le Burlot, Jerome Adrien, Anne Bonnin, Takeshi Wada, Jannick Duchet-Rumeau, Hidemi Kato, Eric Maire, Microstructure characterization by X-ray tomography and EBSD of porous FeCr produced by liquid metal dealloying, *Materials Characterization*, **144**, 166-172 (2018)
 12. Chonghang Zhao, Takeshi Wada, Vincent De Andrade, Doga Gursoy, Hidemi Kato, Yu-Chen Karen Chen-Wiegart, Imaging of 3D morphological evolution of nanoporous silicon anode in lithium ion battery by X-ray nano-tomography, *Nano Energy*, **52**, 381-390 (2018)

13. Shinya Hosokawa, Hitoshi Sato, Masashi Nakatake, Hidemi Kato, Electronic structures and heterogeneity of Zr-Cu-Ag metallic glasses, *Journal of Non-Crystalline Solids*, **498**, 281-287 (2018)
14. J. Jiang, D. X. Wei, T. Wada, D. V. Louzguine-Luzgin, H. Kato, The mechanical cycling behavior of TiNi based crystal/glassy alloy in the superelastic mode, *Journal of Alloys and Compounds*, **768**, 176-180 (2018)
15. Oriane Baulin, Damien Fabregue, Hidemi Kato, Takeshi Wada, Sandra Balvay, Daniel J. Hartmann, Jean-Marc Pelletier, A Ni-, Al-, Be-free Zr-based metallic glass for biomedical applications, *Journal of Non-Crystalline Solids*, **500**, 78-83 (2018)
16. Oleg S. Subbotin, Yulia Yu. Bozhko, Ravil K. Zhdanov, Kirill V. Gets, Vladimir R. Belosludov, Rodion V. Belosludov, Yoshiyuki Kawazoe, Ozone storage capacity in clathrate hydrates formed by O₃ + O₂ + N₂ + CO₂ gas mixtures, *Physical Chemistry Chemical Physics*, **20**, 18, 12637-12641 (2018)
17. Vladimir R. Belosludov, Yulia Yu. Bozhko, Oleg S. Subbotin, Rodion V. Belosludov, Ravil K. Zhdanov, Kirill V. Gets, Yoshiyuki Kawazoe, Influence of N₂ on Formation Conditions and Guest Distribution of Mixed CO₂ + CH₄ Gas Hydrates, *Molecules*, **23**, 12, 3336 (2018)
18. Rodion V. Belosludov, Dustin Nevenon, Hannah M. Rhoda, Jared R. Sabin, Victor N. Nemykin, Simultaneous Prediction of the Energies of Q_x and Q_y Bands and Intramolecular Charge-Transfer Transitions in Benzoannulated and Non-Peripherally Substituted Metal-Free Phthalocyanines and Their Analogues: No Standard TDDFT Silver Bullet Yet, *Journal of Physical Chemistry A*, **123**, 1, 132-152 (2018)
19. R. K. Zhdanov, V. R. Belosludov, Yu. Yu. Bozhko, O. S. Subbotin, K. V. Gets, Rodion. V. Belosludov, Thermodynamic Description of Crystalline Water Phases Containing Hydrogen, *Jetp Letters*, **108**, 12, 806-809 (2018)
20. Yuriy V. Zatsikha, Tanner S. Blesener, Philip C. Goff, Andrew T. Healy, Rachel K. Swedin, David E. Herbert, Gregory T. Rohde, Kullapa Chanawanno, Christopher J. Ziegler, Rodion V.

Belosludov, David A. Blank, Victor N. Nemykin, 1,7Dipyrene-containing aza-BODIPYs: Are pyrene groups effective as ligands to promote and direct complex formation with common nanocarbon materials?, *Journal of Physical Chemistry C*, **122**, 49, 27893-27916 (2018). (with Cover Page)

【国内会議】

1. 加藤 秀実, 脱成分現象を利用した新規材料開発, 鉄鋼協会東北地区講演会, 八戸, 20190118.
2. 河野 龍興, 水素利活用の取り組みについて, FCDIC 第 25 回燃料電池シンポジウム, 東京, 20180518.
3. 河野 龍興, 水素吸蔵合金タンクを用いた水素エネルギー技術と今後の展望, シーエムシー出版・AndTech 共催セミナー, 東京, 20180730.
4. 河野 龍興, 二次電池、水素エネルギーシステム, 東北大学平成 30 年度公開講座「地球の未来を拓くグリーンナノテクノロジー」, 仙台, 20180802.
5. 河野 龍興, 水素エネルギー利活用の動向について, 宮城県平成 30 年度第 1 回水素・燃料電池関連産業セミナー, 仙台, 20180809.
6. 河野 龍興, 自己完結水素インフラ, 日経 BP 社リアル開発会議, 東京, 20190304.
7. Rodion V. Belosludov and Haruhiko Morito, Theoretical study of Si clathrate/c-Si interface, 日本金属学会 2019 年春期 (第 164 回) 講演大会, 東京, 20190321.

【国際会議】

1. 加藤 秀実, Imprinting Pd-based metallic glass grating with Si mold, The 12th International Conference on Bulk Metallic Glasses (BMG XII), Seoul, 20180527.

2. 加藤 秀実, Imprinting Metallic Glass Analyser Grating for X-ray Talbot Interferometer, THERMEC 2018, Paris, 20180708.
3. 加藤 秀実, Effect of minor dopant on ligament growth of porous metals prepared by liquid metal dealloying, Russia-Japan Joint Seminar “Non-equilibrium processing of materials: experiments and modeling”, Novosibirsk, 20181001.
4. 加藤 秀実, Three-dimensional bicontinuous nanoporous high-entropy alloy and its sluggish coarsening, 2019 Third International Symposium on Nanoporous Materials by Alloy Corrosion, Philadelphia, 20190224.
5. 河野 龍興, Hydrogen energy system by using solar energy, JSPS 日仏学術フォーラム 「ソーラー・エネルギー：社会的挑戦と技術課題」, Perpignan, 20181008.
6. 河野 龍興, Overview of Hydrogen Energy System from Renewable Energy Resources, 16th International Symposium on Metal-Hydrogen Systems, Guangzhou, 20181102.
7. 河野 龍興, Hydrogen Energy Supply System and Supply Chain Model by using Renewable Energy, ICFD2018, Sendai, 20181107.
8. Rodion V. Belosludov, Role of guest-host and guest-guest interactions in selective gas adsorption mechanism in MOF materials: Theoretical aspects, 256th ACS National Meeting, Boston, 20180821.
9. Rodion V. Belosludov, Functional nanomaterials for energy and medical applications: Theoretical aspects, Single Nanostructures, Nanomaterials, Aerogels and their Interactions: Combining Quantum Physics and Chemistry, International Workshop (CPQC18), Dresden, 20180830.
10. Rodion V. Belosludov, Gas storage and separation in nanoporous materials: Role of interaction between adsorbed gas molecules, ACCMS-Theme Meeting on Multiscale Modelling of Materials for Sustainable Development, Hanoi, 20180908.

11. Rodion V. Belosludov, Theoretical aspects in realization of functional nanomaterials for energy and medical applications, Russia-Japan Joint Seminar Non-equilibrium processing of materials: experiments and modeling, Novosibirsk, 20181002.
12. Rodion. V. Belosludov, K. V. Gets, O. S. Subbotin, R. K. Zhdanov, V. R. Belosludov, Y. Kawazoe, Theoretical study on polymorphic transformations in amorphous ice, MRS Fall Meeting, Boston, 20181129.
13. Rodion V. Belosludov, Theoretical study on structure, electronic properties and catalytic activities of TiO₂ nanoparticles, Chemical Reactions at Surfaces Gordon Research Conference, Ventura, 20190219.
14. Rodion V. Belosludov, Theoretical study of gas adsorption/separation in nanoporous materials: Role of guest-host and guest-guest interactions, 6th International Conference on Multifunctional, Hybrid and Nanomaterials, Sitges, 20190319.

3. 平成30年度エネルギー材料 萌芽研究助成成果概要

3-1. 実施課題名：分子性磁性薄膜を基盤とした新規磁気スイッチング材料の開発

構成員 関根 良博（錯体物性化学研究部門・助教）
谷川 智之（電子材料物性学研究部門・講師）

1. 目的

分子性電荷移動型集積体薄膜を用いて、電気化学エネルギーによる高速磁気機能変換材料を構築する。

2. 主要成果の概要

本研究助成の目標である電荷移動型集積体薄膜における電気化学的刺激を用いた磁気機能制御について成功した。

- 薄膜試料の透過性を利用し、電子スペクトルを測定することで、電子状態について検討した。その結果、薄膜の酸化還元に伴い顕著な色調変化が観測され、電荷移動型集積体薄膜の電子状態及び磁気状態が変換可能であることを見出した。
- 薄膜の磁気測定を行った結果、薄膜作成直後の薄膜は典型的な常磁性的挙動（非磁石）を示す一方で、酸化後の薄膜は約 70 K の磁気相転移温度を示すフェリ磁性体薄膜であることが分かった。
- 吸収スペクトル測定の結果、これら非磁石・磁石に対応する色調変化は数分以内に生じ、極めて速い外場応答性を有していることが分かった。

以上の結果から、本研究で取り扱う電荷移動型集積体薄膜が、電気化学的摂動によって磁気機能を高速に変換可能な材料へと発展しうる現象を見出した。

3. 成果公表状況

【国際会議等】

1. Yoshihiro Sekine, Hitoshi Miyasaka, Development of electrochemical-responsive magnetic thin films constructed by charge-transferred donor/acceptor assemblies, 43rd International Conference on Coordination Chemistry (ICCC2018), Sendai, 20180728.

4. 外部評価資料



TOHOKU
UNIVERSITY



2018年12月4日

先端エネルギー材料理工共創研究センター

センター長 折茂 慎一



TOHOKU
UNIVERSITY

センター設置



金研の強みを活かした**理学と工学**との**共創**により、
先端エネルギー材料を創製するための**研究開発**を展開

- 世界最高水準の研究の推進
- 異分野融合研究能力をもつ人材の育成

開所式：平成27年6月8日（学内外から120名程度、産業界から記念講演）



平成28~33年度「先端エネルギー材料理工共創研究拠点事業」



1



センター構成員



センターOB

片山竜二 (准教授)
→大阪大学 教授
電気電子情報工学専攻

松尾元彰 (講師)
→関西学院大学 准教授
先進エネルギーナノ工学科

井口亮 (助教)
→物理・材料研究機構 研究員
磁性・スピントロニクス材料研究拠点

沓掛健太郎 (助教)
→名古屋大学 客員准教授
未来材料システム研究所
理化学研究所 研究員
データ駆動型生物医科学チーム

潘伍根 (教育研究支援者)
→パンソリューションテクノロジー

SHEG PENG (学術研究員)
→Johns Hopkins University
博士研究員

2



研究指針とターゲット



原子レベルでの複合キャリア制御

キャリア:

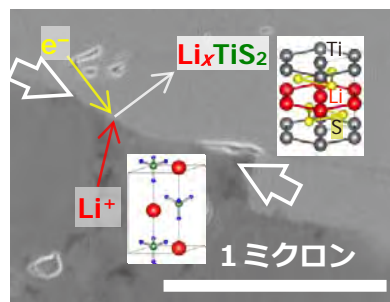
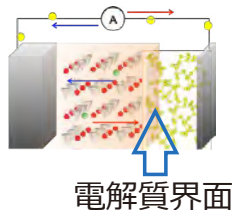
- ・ エネルギーを輸送する媒体
- ・ イオン、電子、ホール、スピン、フォノン、フォトン、マグノン、など

複合キャリア制御:

“異なるキャリア間の変換やキャリアの輸送を
キャリア毎ではなく 複合的に制御する”

イオンエネルギー材料

高エネルギー密度
次世代電池



“イオン伝導向上・電解質界面最適化”

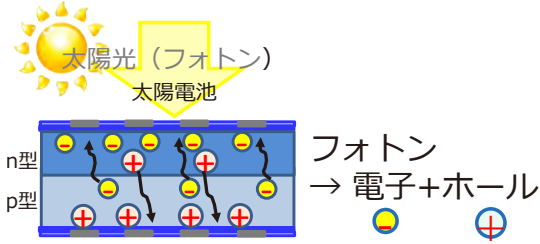
例: 界面欠陥密度の減少・原子整合性の向上

- 複合キャリアの
高効率変換・
高速輸送などを実現



- 高付加価値の全固体電池の開発

光エネルギー材料



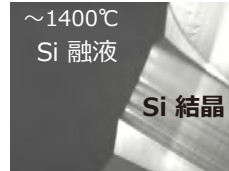
少数キャリアの制御:

電子のライフタイム向上 → 高効率エネルギー変換太陽電池の開発

“多結晶材料組織制御”

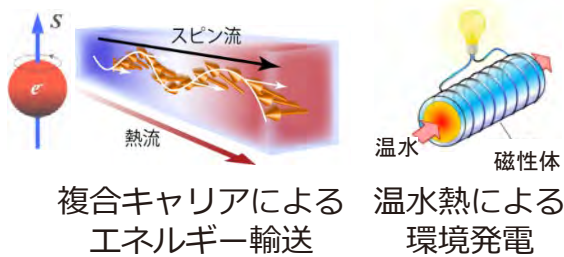
例：固液界面の基礎的解明

例：新規成長技術開発



実用太陽電池セル (156mm角)

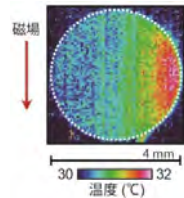
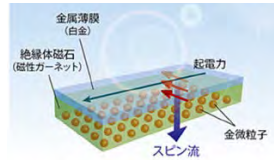
スピンエネルギー材料



“金属-絶縁体界面設計”

例：新規スピン流生成技術

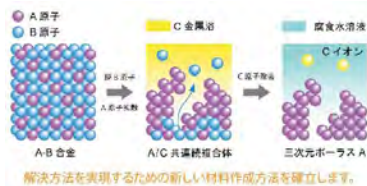
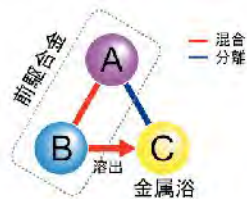
例：熱-マグノン相互作用



→ 高効率スピン流変換環境発電の開発

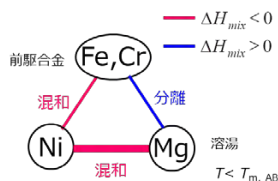
材料プロセス・社会実装

デアロイング (金属溶湯脱成分法) での“ポーラス材料”

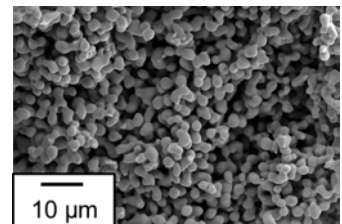
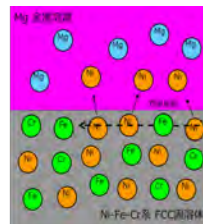
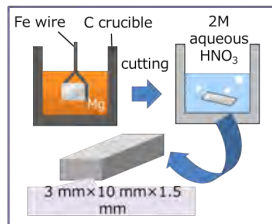


Wada et al.
Mater. Lett. 65(2011)1076
特許第5678353号
PCT/JP2010/068761

ポーラスFe-Cr合金



前合金組成: $(\text{Fe}_{0.9}\text{Cr}_{0.2})_{30}\text{Ni}_{70}$



水素機能材料・革新電池材料を用いた“高効率水素エネルギーシステム”

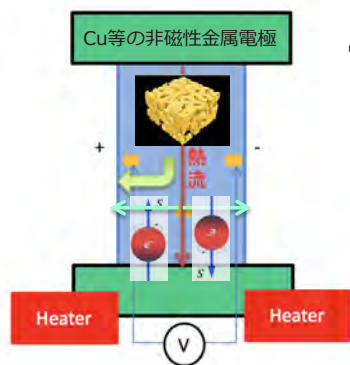
- 1) 熱電変換に関わる原理実証
- 2) 全固体二次電池の設計
- 3) 太陽電池特性の解析技術（ベンチャー企業化）
- 4) 再エネ水素システムの開発（産学・学内・国際連携）
- 5) その他
 - ・主催ワークショップ
 - ・所内若手助成（エネルギー材料萌芽研究助成）
 - ・プレスリリース、新聞発表、特許等

スピンエネルギー材料

共創

材料プロセス・社会実装

異常ネルンスト効果



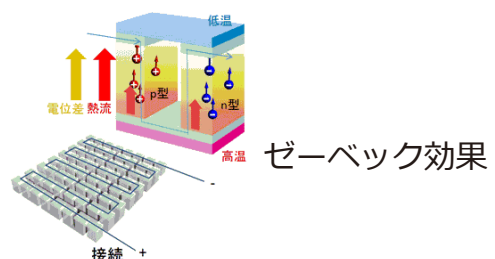
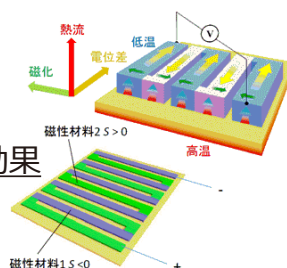
ポラス材料では
電子自由度が大きく変化する
表面・界面が大
↓
【期待】
エントロピー 変化大
||
ゼーベック効果 大
+
加えてスピン流効果も 大

ポラス材料



2種類の熱電効果

異常ネルンスト効果
(磁性材料)



1) 熱電変換に関する原理実証

スピンエネルギー材料

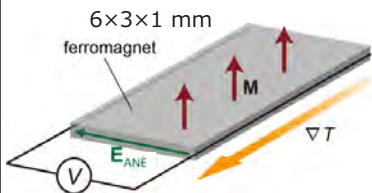
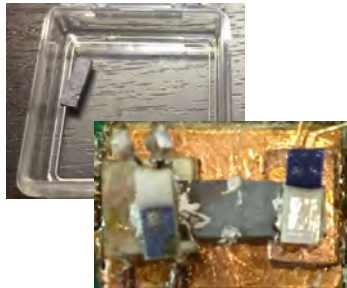
共創

材料プロセス・社会実装

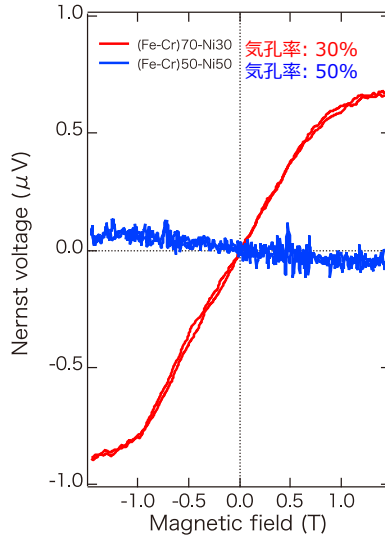
異常ネルンスト効果

ポーラス材料

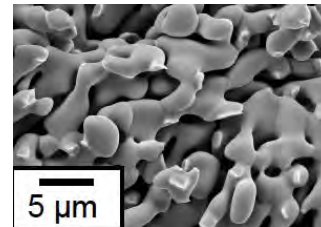
ポーラス系
熱電変換材料の試作



ネルンスト効果の実測
(室温、 $\Delta T = 8$ K)



$Fe_{80}Cr_{20}$
(気孔率50%)



気孔率に応じて
ネルンスト電圧の
大きさや符号が変化

↓
組成・気孔率依存性などを
詳細に調査中

2) 全固体二次電池の設計

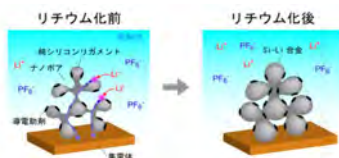
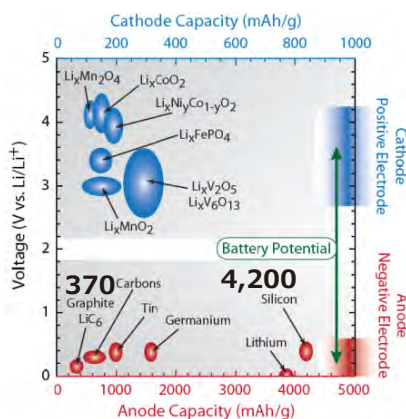
材料プロセス・社会実装

共創

イオンエネルギー材料

純元素ポーラス材料としてのシリコン(Si)

高速イオン伝導を示す錯体水素化物

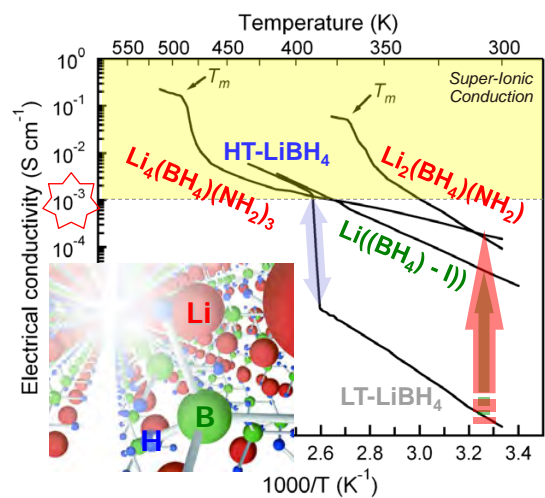


黒鉛の
10倍超の
負極理論容量

リチウム挿入
↓
膨張
↓
電解質
界面
接触性
×

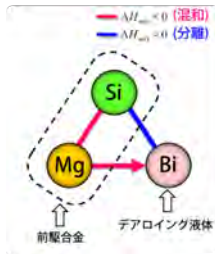
膨張の緩和

↑↓
ポーラス化

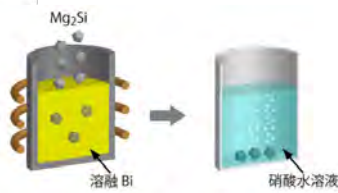
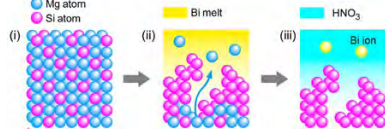


⇔ “含浸” ⇔ LiBH₄は270℃で融解

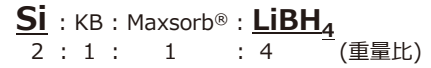
材料プロセス・社会実装 共創 イオンエネルギー材料



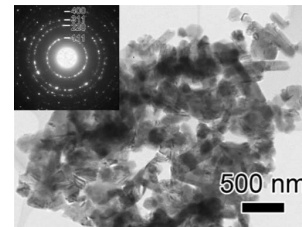
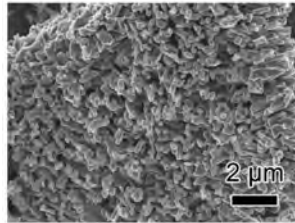
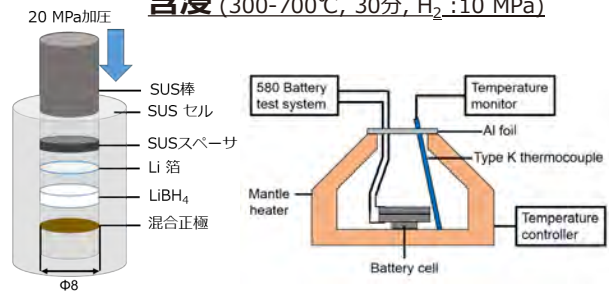
Mg₂Si 粉末の作製
 Bi液体中でのMgの溶出とSiのポーラス化
 硝酸水溶液によるMg相の除去



混合正極

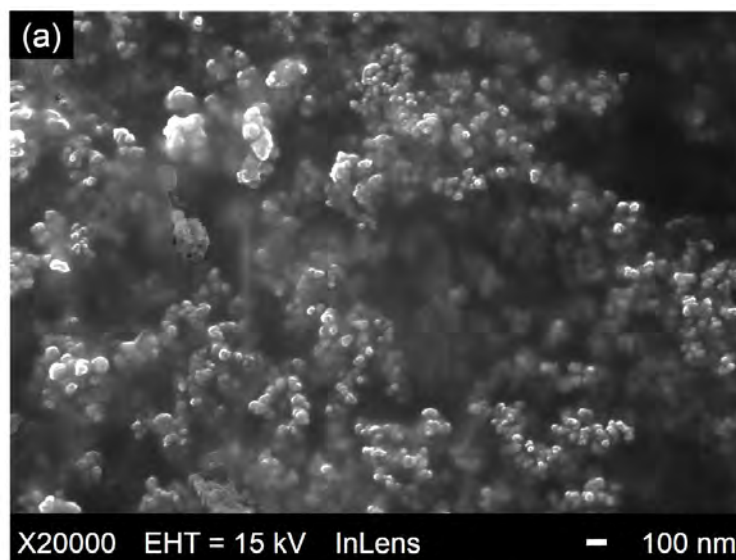


含浸 (300-700°C, 30分, H₂:10 MPa)



10

材料プロセス・社会実装 共創 イオンエネルギー材料

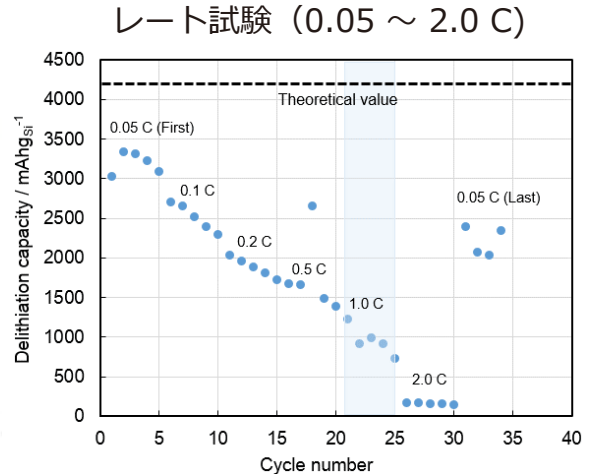
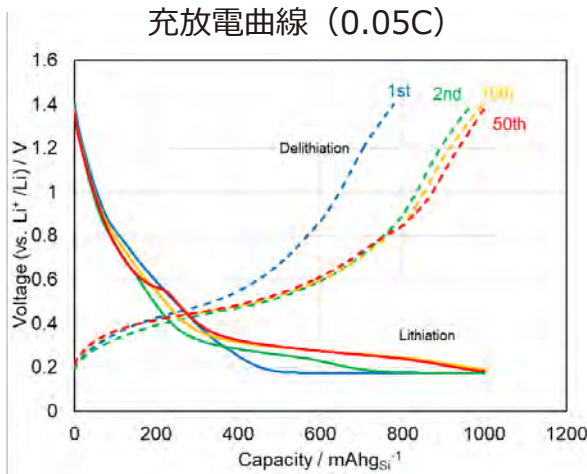


Secondary electron image of Si_973 K_2 after heat treatment and adding LiBH₄.

11

2) 全固体二次電池の設計

温度(K) : 398 電流(C) : 0.05
 カットオフ電圧(V) : <0.05, 1.4<
 カットオフ容量(mAh_{Si}⁻¹) : 1000



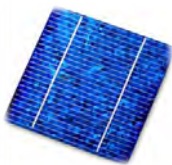
- ・水素化物系全固体電池で、Si負極の可逆的な充放電に初めて成功
- ・1C（1時間で充電又は放電）の条件下で、約1000 mAh g⁻¹の高容量

12

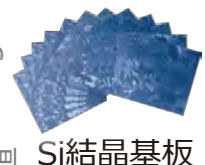
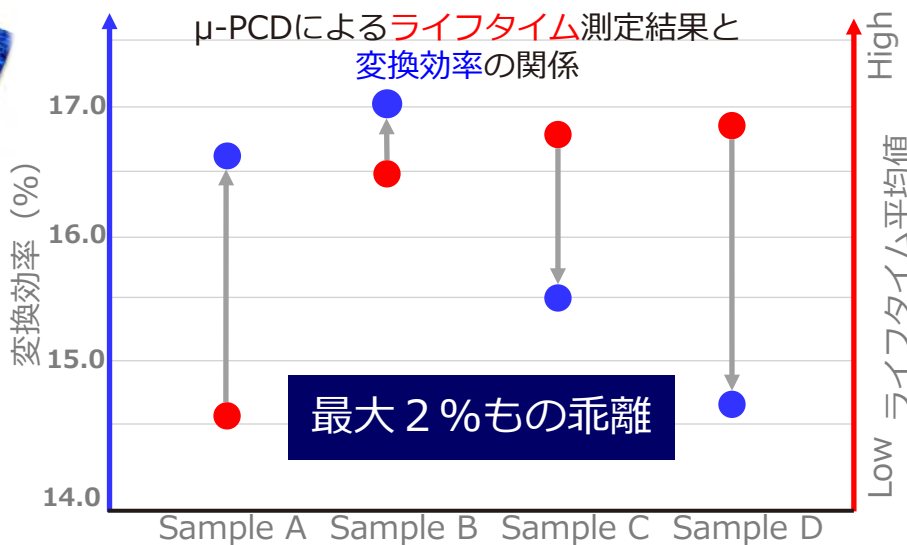
3) 太陽電池特性の解析技術

光エネルギー材料

従来シリコンウェハは電子のライフタイムを基準に品質を評価
 → ライフタイム平均値と変換効率に相関がないことが多々ある



太陽電池
(セル化)



Si結晶基板

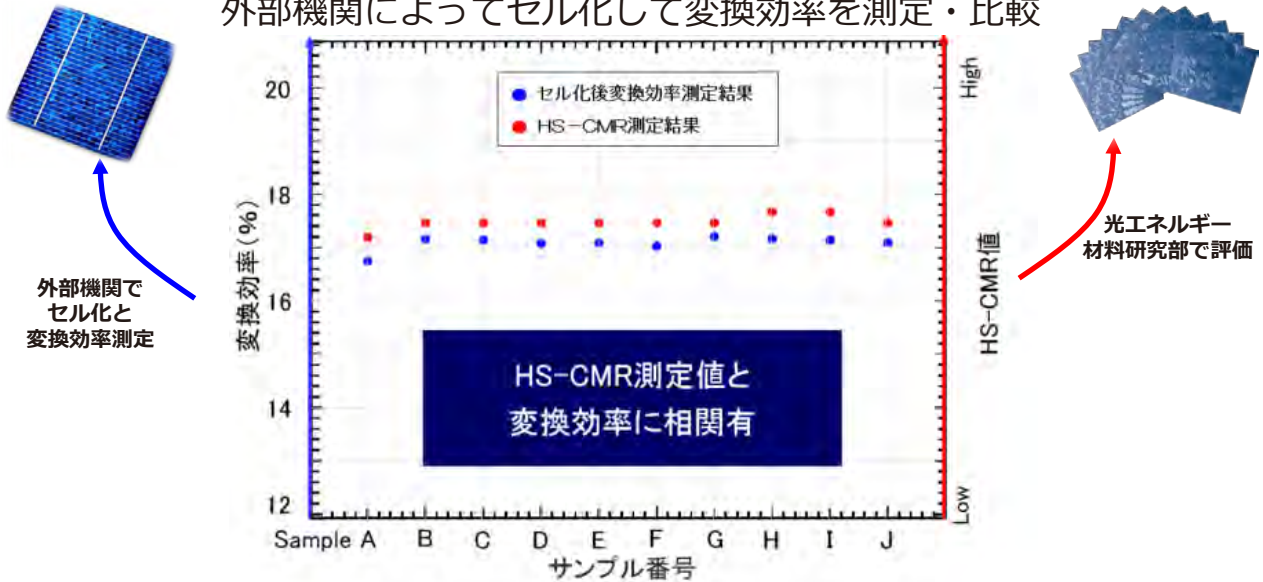
問題点： 太陽電池を作製しないと変換効率がわからない

13

光エネルギー材料

High-Speed Current-Modulating Four-Point-Probe-Method (HS-CMR法)

多結晶ウェハをHS-CMRによって測定後、外部機関によってセル化して変換効率を測定・比較

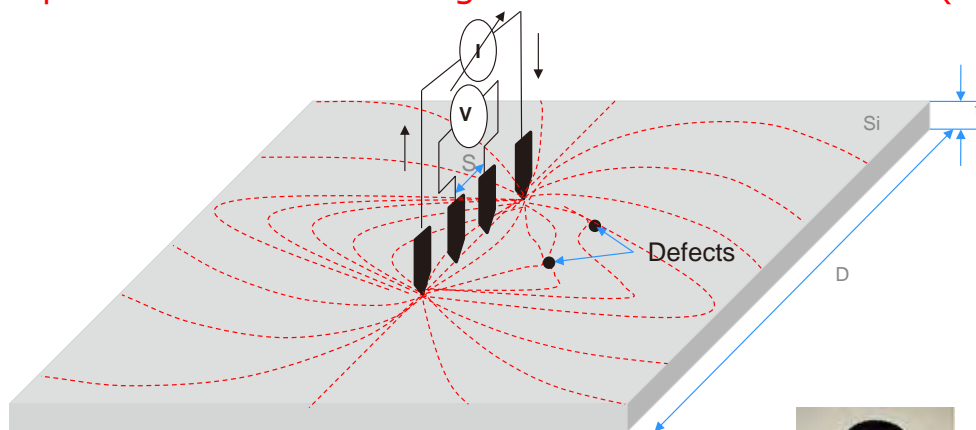


太陽電池を作製しなくても、Si結晶基板の評価値から変換効率を予測可能

14

光エネルギー材料

High-Speed Current-Modulating Four-Point-Probe-Method (HS-CMR法)



空間的に分布した欠陥は、電力線の広がりを阻害する

→ 実効抵抗率のばらつき解析により基板評価

→ **Si結晶基板評価から太陽電池特性が予測可能**



平成29年9月29日ベンチャー企業設立 (藩伍根氏、松島悟氏)

15



TOHOKU UNIVERSITY

3) 太陽電池特性の解析技術



■ 会社概要

PanSolution Technologies

「株式会社パンソリューションテクノロジーズ」は、東北大学産学連携機構の実施するビジネスインキュベーションプログラム(BIP)を経て、東北大学ベンチャーパートナーズの出資(約1.2億円)を受け発足

会社名	PanSolution Technologies (パンソリューションテクノロジーズ)
所在地	宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-40 T-Biz205
設立日	2017年9月29日
資本金	6,175万円
発行株式数	12,950株
株主構成	松島 3百万円 2.3% 藩 3百万円 2.3% 東北大ベンチャーパートナーズ(株) 123.5百万円 95.4%
事業内容	<ul style="list-style-type: none"> ■ 太陽電池用材料及び半導体用材料検査装置の製造・販売 ■ 太陽電池用材料及び半導体用材料技術のコンサルティング及びライセンスビジネス

16



TOHOKU UNIVERSITY

3) 太陽電池特性の解析技術



■ 会社概要

PanSolution Technologies

■ HS-CMR測定器プロトタイプ

2倍速



17

3) 太陽電池特性の解析技術

■ 会社概要

PanSolution Technologies

■ 太陽電池材料向け専用測定技術で
業界の課題を解決

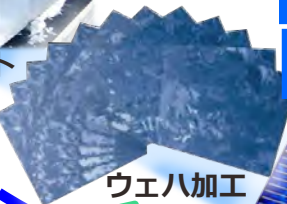
新測定技術
HS-CMR



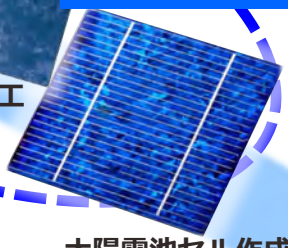
原料



インゴット
鋳造



ウェハ加工



太陽電池セル作成



モジュール完成

18

正確な品質測定
不良の早期発見

本技術により解決する課題

■ 開発効率
品質評価に時間がかかる

■ 品質バラツキ
シリコンウェハを太陽電池化（セル化）
しないと品質が分からない

■ 歩留まり
品質が不明確なウェハをセル化
する為不良品が多発

4) 再エネ水素システムの開発

再生可能エネルギー



EMS

1) 直接供給（電力安定分）

2) 電池貯蔵（短周期変動に対応）

3) 水素貯蔵（長周期変動に対応）

水素製造
装置

H₂

水素吸蔵
合金タンク

H₂

燃料
電池

電気

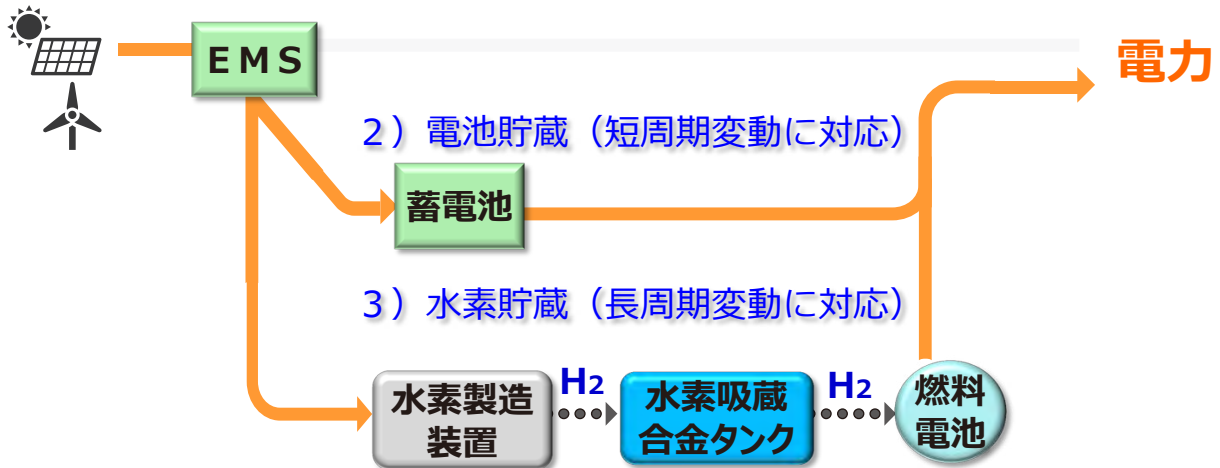
温水



19

H29年度～ 東北電力+東北大 水素製造技術を活用した 再生可能エネルギーの変動対策

再生可能エネルギー



20

《水素製造技術を活用した再生可能エネルギーの変動対策》

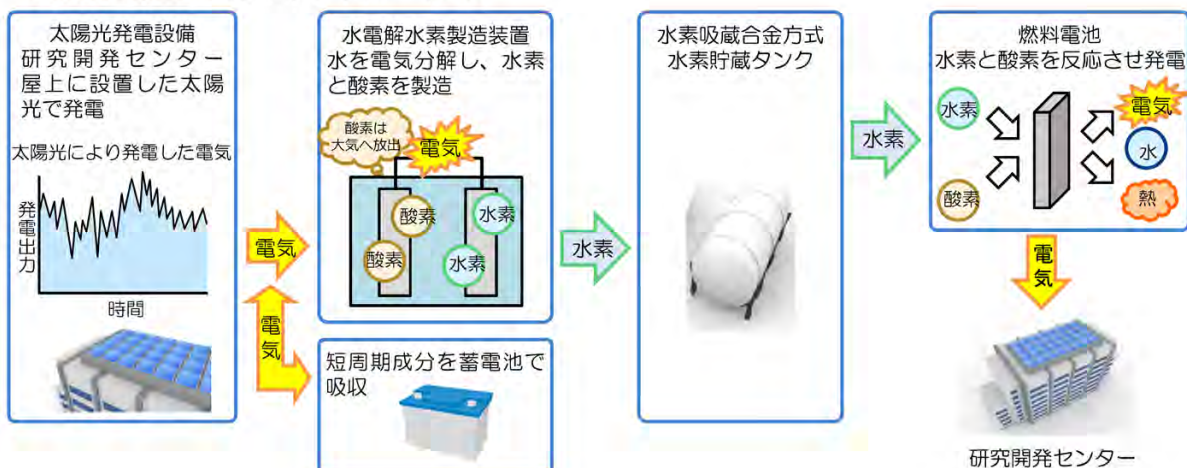


1

《研究の概要》

- ◆ 再生可能エネルギーの導入拡大に伴う出力変動対策として適用できるか可能性を検証
- ◆ 当社研究開発センター（仙台市青葉区）に、新たに太陽光発電設備と水素製造装置等を設置
- ◆ 太陽光発電による電気を用いて、水素を製造。製造した水素は貯蔵の上、燃料電池により発電し、研究開発センターで消費

《水素製造システムのイメージ》



https://www.tohoku-epco.co.jp/news/normal/_icsFiles/afieldfile/2017/03/23/b1194171_1.pdf

21



◆ 水素を取扱うことから、設備近傍を火気厳禁にするとともに、「①漏らさない、②検知して止める、③漏れても溜めない」を基本として設備を設計、運用することにより、安全確保に万全を期している。

水電解水素製造装置、水素貯蔵タンク、燃料電池等をコンテナ方式で設置

項目	仕様、規模等	
設置場所	研究開発センター（仙台市青葉区）	
設置面積	約400 m ²	
設備規模	太陽光発電設備	50 kW
	蓄電池	50 kW、67 kWh
	水電解水素製造装置	5 Nm ³ /h
	水素吸蔵合金方式 水素貯蔵タンク	220 Nm ³ (放電 約300 kWh相当)
	燃料電池	9.9 kW
研究期間	平成29年3月～平成31年3月	

https://www.tohoku-epco.co.jp/news/normal/_icsFiles/afieldfile/2017/03/23/b1194171_1.pdf

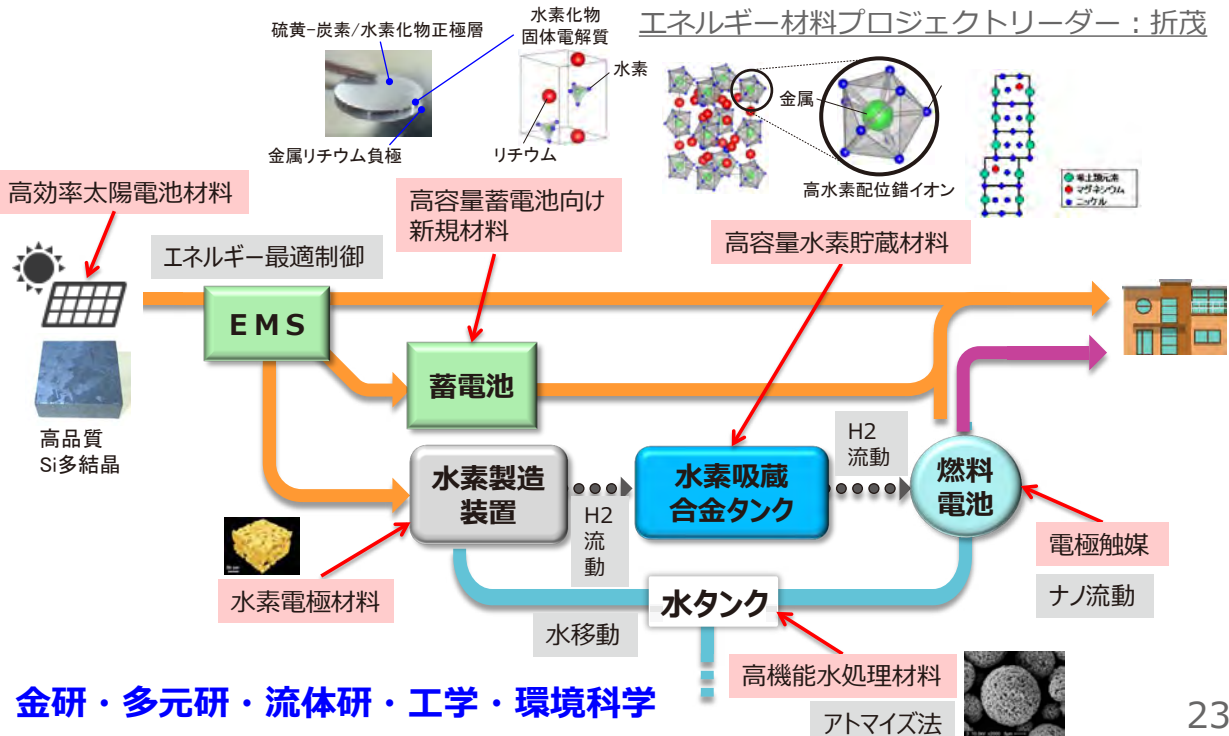


4) 再エネ水素システムの開発



H30年度～ 学内5部局連携（指定国立大学・材料科学研究拠点）

エネルギー材料プロジェクトリーダー：折茂



金研・多元研・流体研・工学・環境科学

4) 再エネ水素システムの開発

H30～32年度 国際連携 (JST・戦略的国際共同研究プログラムSICORP)

東北大学 金属材料研究所

スイス連邦工科大学 ローザンヌ校



佐藤 (代表) 折茂 河野 高木



A. Züttel (代表) H. Yang W. Luo



- ・水素貯蔵合金開発
- ・水素吸蔵・放出特性評価

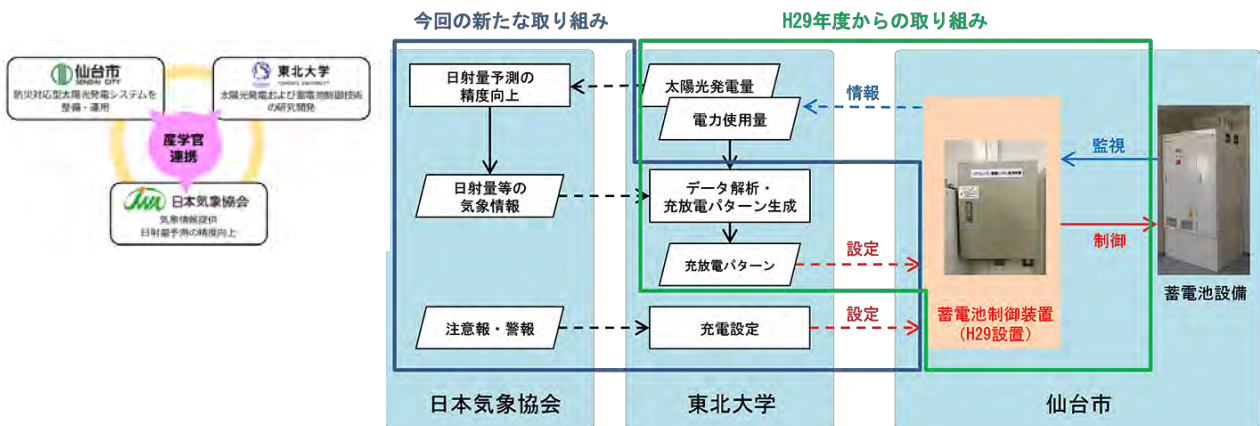
- ・表面観察・解析
- ・原子配列評価・解析

新規水素貯蔵合金の開発とその実用化のための指針構築

24

4) 再エネ水素システムの開発

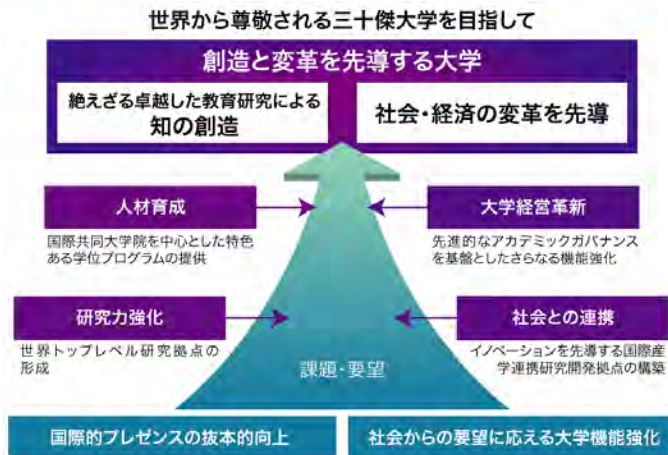
H29年度～ 日本気象協会+仙台市+東北大 気象情報を活用した 次世代型防災対応エネルギーマネジメント に関する共同研究



日本気象協会では日射量予測や注警報などの気象情報を提供し、東北大学では日射量や気温等の詳細な気象情報を利用した制御技術を開発して、更なるシステムの高度化を目指す。

25

- ・ **指定国立大学法人** (2017年6月)
材料科学拠点、**エネルギー材料**



- ・ **エネルギー研究連携推進**

エネルギー戦略WG

再生可能エネルギークラスター

エネルギー材料クラスター

金属材料研究所

先端エネルギー材料
理工共創研究センター



WPI-AIMR, 流体研, 多元研, 通研,
環境科学研究科, 工学研究科, 理学研究科

エネルギー変換・貯蔵・輸送クラスター

エネルギー・資源研究開発クラスター

エネルギー社会システムクラスター

復興対応エネルギー研究クラスター

26

第1回E-IMR WS

平成28年1月22日 開催 研究発表；4件

基調講演

- ・ 先端エネルギー材料研究に期待すること
JST戦略研究推進部 古川 雅士様
- ・ やれば面白い研究と、やらないといけない研究
～「物質中の水素とスピン」の基礎研究から～
高エネルギー加速器研究機構 山田 和芳様



第2回E-IMR WS

平成28年12月8日 開催 研究発表；4件

基調講演

- ・ 環境エネルギー分野の研究開発の現状と課題
文部科学省 研究開発局 藤吉 尚之様
- ・ 腐食環境および高圧水素環境における鉄鋼材料の水素脆化
新日鐵住金株式会社 鉄鋼研究所 大村 朋彦様



第3回E-IMR WS

平成29年12月15日 開催 研究発表；7件

基調講演

- ・ ナノテクノロジー・物質・材料科学技術 ～世界の動向と日本の課題～
JST研究開発戦略センター 中山 智弘様

27

【目的】

東北大学金属材料研究所（以下、本所）の若手研究者が実施する、先端的なエネルギー材料創成に向けた萌芽的研究課題の取組への支援を目的とします。

【研究代表者と研究チーム】

研究代表者は申請時に38歳以下であるE-IMRの専任・兼任教員以外の本所の准教授・講師または助教とし、本所の複数研究室かつ2名以上の38歳以下の若手研究者（博士研究員等を含む）の研究チームとします。

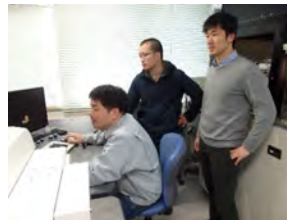
【研究課題】

提案いただく研究課題は、E-IMRの理念である「理学と工学による共創研究」であることが望まれます。

平成29年度

金属コア/酸・硫化物シェル構造を有する共連続ナノ多孔体の開発とその多価金属二次電池正極への応用

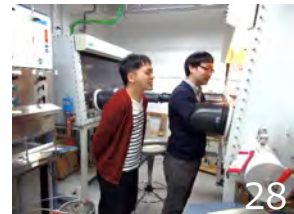
和田 武（非平衡物質工学研究部門・准教授）
 谷村 洋（生体材料学研究部門・助教）
 金 相侖（水素機能材料工学研究部門・助教）



平成29年度～30年度

分子性磁性膜を基盤とした新規磁気スイッチング材料の開発

関根 良博（錯体物性化学研究部門・助教）
 谷川 智之（電子材料物性学研究部門・講師）



平成27年度

新聞掲載

- ・3次元格子の分子磁石を設計 多機能性磁性体開発にも期待 科学新聞(2015.1.9)
- ・水素大量貯蔵の化合物 日経産業新聞(2015.3.30)
- ・クロムに7水素結合成功 日刊工業新聞(2015.4.3)
- ・クロムに7つの水素を結合 ハイドライド・ギャップ克服 科学新聞(2015.4.10)
- ・スピンを利用したエレクトロニクスの世界(連載コラム「科学の泉」) 河北新報(2015.4.14-19)
- ・東北大先端材料理工共創センター「スピン流」効率よく電気に 日経産業新聞(2015.9.30)
- ・リチウムイオン高耐熱に セ氏150度でも使える電池 日経産業新聞(2015.11.16)
- ・全固体リチウム二次電池 高耐熱技術を開発 日刊工業新聞(2015.11.18)
- ・スポンジ状炭素材料 大容量蓄電池に道 日経産業新聞(2015.12.4)
- ・LiBH₄系固体電解質 東北大などと量産技術 日刊工業新聞(2016.1.21)

平成28年度

新聞掲載

- ・東北大金研 100年素材革新の未来 新エネ材料、次代開拓 日本経済新聞(2016.4.1)
- ・水素発見から250年 無限のクリーンエネルギー 読売新聞(2016.6.19)
- ・磁石になる電池開発 東北大、リチウムイオンで 日経産業新聞(2017.1.26)
- ・水素大量貯蔵へ 東北大など新物質合成 日経産業新聞(2017.3.14)



新聞発表等



平成29年度

新聞掲載、テレビ出演等

- ・金属原子に水素9個結合 超電導材料への応用期待 日刊工業新聞(2017.4.13)
- ・水素エネ最新事情学ぶ 県庁 専門家招きセミナー 河北新報(2017.5.20)
- ・加熱方向で熱電変換効率が変化、東北大学が発見 EE Times Japan(2017.7.11)
- ・研究室探訪 新エネルギーを身近に 河北新報(2017.9.23)
- ・デンソー・東北大・筑波大など、FeNi超格子磁石材料の高純度合成に成功 日経電子版(2017.10.18)
- ・高性能磁石物質を開発 日刊工業新聞(2017.10.20)
- ・太陽電池関連の大学発VB設立 日刊工業新聞(2017.10.27)
- ・防災産業展in仙台 日刊工業新聞(2017.11.20, 24)
- ・仙台市 避難所の太陽光 余剰電力を活用 河北新報(2017.11.25)
- ・全固体電池用の電解質、三菱ガス化学が20年までに開発 日刊工業新聞(2018.1.5)
- ・富谷市水素セミナー NHK/TV(2018.3.18) 河北新報(2018.3.20)

30



新聞発表等



平成30年度

新聞掲載、自治体広報誌(WebSite)等

- ・東北大、仙台市内で次世代型防災対応エネルギーマネジメントの試験運用を開始
日経新聞（電子版）(2018.5.8)
- ・東北大など、次世代型防災対応エネルギーマネジメントの試験運用を開始
国立環境研究所 環境展望台_Web(2018.5.8)
- ・東北大と日本気象協会など、仙台市と気象情報活用の次世代型防災対応エネルギーマネジメントで
共同研究開始 日経新聞（電子版）(2018.9.27) [社会]
- ・次世代型防災対応エネルギーマネジメントへの取り組み 仙台市HP_くらしの情報(2018.9.27)
- ・気象協会のデータ追加 -仙台市、防災用の太陽光発電 日本経済新聞(2018.9.29)
- ・気象情報 蓄電制御に活用 東北大金研、気象協会と研究へ 河北新報(2018.10.15)
- ・指定避難所の防災対応型太陽光発電システムで気象情報を活用する取り組みを開始します
仙台市HP_記者発表資料(2018.9.27)

31

公開特許

- 特開2016-108196 水素貯蔵材料複合体及びその製造方法
- 特開2016-201310 全固体リチウム二次電池
- 特開2017-004910 リチウムイオン二次電池
- 特開2017-169177 スピンダウンコンバータ及び周波数変換方法
- 特開2017-191066 磁気特性観察装置及び磁気特性観察方法
- 特開2018-032573 リチウム空気二次電池
- 特開2018-041873 L10型FeNi規則合金の製造方法
- 特開2018-138873 マッピング方法および測定装置

32

今後ともご指導ご支援のほど、
どうぞよろしくお願い致します。

5. 新聞発表等

5-1. プレスリリース

【スピンエネルギー材料研究部】

1. 反強磁性体を用いたスピントルク磁気メモリの実証ナノスピン変換科学
平成30年10月18日
http://www.tohoku.ac.jp/japanese/newimg/pressing/press20181018_kaken.pdf

【イオンエネルギー材料研究部】

1. アモルファス相変化記録材料の局所構造をモデル化する技術を開発
— わずか数十個の原子からなる信頼性の高い局所構造モデル —
平成30年 5月21日
http://www.tohoku.ac.jp/japanese/newimg/pressing/press20180521_01.pdf
2. 協奏的動きがもたらす多価イオン拡散の促進現象を発見
平成30年 8月10日
https://www.tohoku.ac.jp/japanese/press_20180808_ion.pdf
3. 酸素分子の電子スピンを見分ける多孔性磁石 酸素ガスの吸脱着により磁石のON-OFF制御に初成功
平成31年 1月16日
https://www.tohoku.ac.jp/japanese/newimg/pressing/press_20190116_01_NatComm.pdf
4. 新たなリチウム超イオン伝導材料を開発
— 全固体電池の高エネルギー密度化を一気に加速 —
平成31年 3月 7日
https://www.tohoku.ac.jp/japanese/tohokuuniv_press_20190305_01_lithium_web_01.pdf

【材料プロセス・社会実装研究部】

1. 予測制御技術で太陽光発電の電気を昼も夜もフル活用！
仙台市内で次世代型防災対応エネルギーマネジメントの試験運用開始
平成30年 5月 8日
https://www.tohoku.ac.jp/japanese/newimg/pressing/tohokuuniv-press20180508_01_zisedaibosai.pdf
2. 気象情報を活用した次世代型防災対応エネルギーマネジメントに関する共同研究を開始
平成30年 9月27日
https://www.tohoku.ac.jp/japanese/newimg/pressing/tohokuuniv-press20180927_01web_kishoujouhou.pdf

5-2. 新聞掲載等

【イオンエネルギー材料研究部】

1. 日経産業新聞 2019年3月14日 全個体電池向け新材料 東北大など

【材料プロセス・社会実装研究部】

1. 環境展望台 2018年5月8日 次世代型防災対応エネルギーマネジメント
(国立環境研究所)
2. 日本経済新聞 2018年9月29日 気象協会のデータ追加 防災用の太陽光発電
3. 河北新報 2018年10月15日 気象情報蓄電制御に活用 東北大金研、気象協会と研究へ
4. リアル開発会議 2018Winter Vol.11 自己完結水素インフラ (日経BP社発行)

6. 外部研究資金

6-1. 科学研究費補助金

【スピンエネルギー材料研究部】

BAUER, Gerrit E.-W. ナノスピン変換科学	新学術領域研究	期間:201404-201903	分担者
高梨 弘毅	基盤研究(A)	期間:201804-201806	代表者
高効率スピン軌道トルクを目指した反強磁性結合金属人工格子の創製			
高梨 弘毅	基盤研究(S)	期間:201806-202303	代表者
金属人工格子ルネサンス			
水口 将輝	その他	期間:201902-202101	代表者
スピントロニクスを基軸とした高効率テラヘルツ波発生機能の開拓			
水口 将輝	基盤研究(A)	期間:201704-202003	代表者
スピントロニクスデバイスを基盤とした局所原子配列と磁気機能の相関解明			
水口 将輝	新学術領域研究	期間:201704-201903	代表者
シリコン基板上への軽元素侵入型垂直磁化膜の創製			
伊藤 啓太	若手研究(B)	期間:201704-202003	代表者
シリコン基板上への軽元素侵入型垂直磁化膜の創製			

【イオンエネルギー材料研究部】

市坪 哲	基盤研究(S)	期間:201806-202303	代表者
リチウムイオンと多価イオンが奏でるデュアルイオン蓄電池に向けた新学理の構築			
宮坂 等	基盤研究(A)	期間:201604-201903	代表者
化学的相互作用/物理応答の協奏的可逆交換を実現する多孔性導電性磁石の創製			
宮坂 等	新学術領域研究	期間:201704-201903	代表者
層状分子磁石における動的 π 造形による物性制御			
宮坂 等	(挑戦的)萌芽研究	期間:201804-202003	代表者
磁氣的に分子吸蔵を差別化する多孔性磁石の創製			
宮坂 等	特別推進研究	期間:201804-202303	代表者
光と物質の一体的量子動力学が生み出す新しい光誘起協同現象物質開拓への挑戦			
折茂 慎一	(挑戦的)萌芽研究	期間:201704-201903	代表者
高密度に水素を含む多原子イオンの電気陰性度評価法の構築			
折茂 慎一	新学術領域研究	期間:201806-202303	代表者
高密度水素による超機能材料の合成			
折茂 慎一	新学術領域研究	期間:201806-202303	代表者
ハイドロジェノミクスの研究推進			

高木 成幸 若手研究(A) 期間:201604- 代表者
高水素配位錯イオンの創製とエネルギー関連機能の創出

高木 成幸 その他 期間:201707-201903 代表者
高水素配位錯体水素化物における新規固体イオニクスの開拓

【光エネルギー材料研究部】

藤原 航三 その他 期間:201610-201903 代表者
その場観察法による Si 多結晶の融液成長メカニズムの解明(国際共同研究強化)

藤原 航三 基盤研究(A) 期間:201704-202003 代表者
温度場の直接観察による固液界面ダイナミクスの解明

木口 賢紀 新学術領域研究 期間:201704-201903 分担者
窒化物半導体における欠陥構造のマルチスケール解析

木口 賢紀 その他 期間:201707-202003 分担者
整合多層膜の自己調整応力場を用いたクロスオーバー状態の誘起と機能性の創出

前田 健作 基盤研究(A) 期間:201704-202003 分担者
温度場の直接観察による固液界面ダイナミクスの解明

前田 健作 若手研究(B) 期間:201804-202003 代表者
種子結晶加工を利用した擬似位相整合結晶の作製と波長変換デバイスへの展開

【材料プロセス・社会実装研究部】

加藤 秀実 新学術領域研究 期間:201807-202303 代表者
ハイエントロピー効果に基づく新材料創製と新機能創出

加藤 秀実 特別研究員奨励費 期間:201811-202010 代表者
Mg-希土類結晶および非晶質合金の作製とその力学特性調査

BELOSLUDOV, Rodion V. 基盤研究(B) 期間:201704-202003 代表者
先端エネルギーと医療応用のための多機能性ナノポーラス材料の理論設計と実験的創製

BELOSLUDOV, Rodion V. 基盤研究(B) 期間:201704-202003 分担者
ペンタグラフェン:創製と機能創発

6-2. 科学研究費補助金以外の外部資金

【スピンエネルギー材料研究部】

高梨 弘毅 その他受託研究費 期間:201206-201903 分担者
鉄基規則化合物をベースとする非希土類磁石の創製研究

高梨 弘毅 その他受託研究費 期間:201210- 分担者
ネオジム焼結磁石を超える新規高性能磁石の開発

水口 将輝 戦略的創造研究推進事業 期間:201510-202103 代表者
ナノ超空間を利用した熱・スピン・電界交差相関による高効率エネルギー変換材料の創製

【イオンエネルギー材料研究部】

市坪 哲 一般受託研究 期間:201110- 代表者
高エネルギー密度を有する革新的マグネシウムイオン蓄電池の開発

折茂 慎一 その他受託研究費 期間:201805-202103 分担者
再生可能エネルギー活用のための新規水素貯蔵合金の開発とその実用化を目指した設計指針の構築

折茂 慎一 共同研究費 期間:201304-201903 分担者
リチウムイオン電池用新規固体電解質の研究

折茂 慎一 共同研究費 期間:201807-201903 分担者
EV向けの高密度、高容量のリチウムイオン電池を対象とし、反応抵抗を「細孔内のイオン抵抗」、電荷移動抵抗」等に分離し、その寄与率を解析する手法を確立する。さらに充放電に伴って膨張収縮する電極についても解析手法を確立する。

【光エネルギー材料研究部】

木口 賢紀 その他受託研究費 期間:201607-201706 分担者
非鉛圧電配向体の焼結しない低温作製法の確立-IoT センサーおよびエネルギーハーベスター応用に向けて

木口 賢紀 その他寄附金 期間:201803-2019063 代表者
IoT社会に向けた超小型非鉛系強誘電体材料の開発

木口 賢紀 その他寄附金 期間:201803-201909 代表者
弾性的拘束を利用した準安定斜方晶相 ZrO₂-HfO₂ 新奇強誘電体薄膜の創製

木口 賢紀 その他寄附金 期間:201807-201807 代表者
Electron Microscopy Study on Precipitation Mechanism of Mg-Zn-Gd alloys

【材料プロセス・社会実装研究部】

加藤 秀実 その他補助金 期間:201704-202003 代表者
医工分野横断研究によるX線位相イメージング医療診断画像の高コントラスト化

河野 龍興 その他受託研究費 期間:201804-202103 分担者
Research on Hydrogen as a renewable energy carrier:再生可能エネルギー媒体としての水素研究

河野 龍興 その他受託研究費 期間:201807-202103 代表者
アルカリ水電解及び固体高分子形水電解の高度化

7. 知的財産権

7-1. 特許リスト

特許出願件数:2件

登録特許(国内)

【スピンエネルギー材料研究部】

窪田崇秀、成澤寛行、高梨弘毅 特許6498049号 2019年 3月22日
膜面垂直通電型巨大磁気抵抗素子及び磁気デバイス

【光エネルギー材料研究部】

堀岡佑吉、藤原航三、福田哲生 特許6452098号 2018年12月21日
大口径CZ単結晶の成長装置およびその成長方法

【材料プロセス・社会実装研究部】

野原正也、阪本周平、林政彦、中村二郎、加藤秀実、和田武 特許6344823号 2018年 6月 1日
リチウム空気二次電池およびリチウム二次電池用の空気極の製造方法

公開特許(国内)

【スピンエネルギー材料研究部】

関剛斎、高梨弘毅、辻川雅人、白井正文 特開2018-101673 2018年 6月28日
磁性薄膜及び磁性薄膜の製造方法

森山貴広、小野輝男、関剛斎、周偉男、高梨弘毅 特開2019-016673 2019年 1月31日
磁気メモリ素子及び該磁気メモリ素子に用いる磁性材料

【イオンエネルギー材料研究部】

鈴木渉平、川治純、吉田浩二、宇根本篤、折茂慎一 特開2018-116784 2018年 7月26日
固体電池用の正極材料、固体電池および固体電池の製造方法

鈴木渉平、廣岡誠之、折茂慎一 特開2019-040709 2019年 3月14日
全固体リチウムイオン二次電池およびその製造方法

【光エネルギー材料研究部】

沓掛健太郎、菊地亮太、下山幸治 特開2018-138873 2018年 9月 6日
磁気メモリ素子及び該磁気メモリ素子に用いる磁性材料

【材料プロセス・社会実装研究部】

和田武、加藤秀実 特開2018-178207 2018年11月15日
金属部材の製造方法

野原正也、阪本周平、林政彦、小松武志、加藤秀実、和田武、森下史弥
リチウム空気二次電池 特開2019-023989 2019年 2月14日

8. 各種受賞・表彰

8-1. 受賞リスト

【スピンエネルギー材料研究部】

高梨弘毅

平成30年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞 研究部門
規則合金のナノ構造化とスピントロニクス機能に関する研究

文部科学省
2018年4月

水口将輝

日本金属学会 第77回「功績賞」
強磁性金属ナノ構造の創製とスピントロニクスデバイスへの応用

公益社団法人日本金属学会
2019年3月20日

【イオンエネルギー材料研究部】

市坪 哲

Best Paper Award PCOS2018

相変化研究会
2018年12月

【光エネルギー材料研究部】

木口賢紀, 兒玉裕美子, 白石貴久, 今野豊彦, 谷川智之, 前野宏志, 松村晶

第43回日本セラミックス協会学術写真賞 最優秀賞
非弾性散乱電子を利用した厚いGa_N結晶中の貫通転位の観察

日本セラミックス協会
2018年 9月 5日

Choi Sujin, 白石貴久, 木口賢紀, 今野豊彦, 清水荘雄, 舟窪浩

日本セラミックス協会2018年年会優秀ポスター賞
ZrO₂薄膜の結晶構造に対するドーパント効果

日本セラミックス協会
2018年 5月16日

9. 職員及び運営委員名簿

平成30(2018)年度 先端エネルギー材料理工共創研究センター名簿

センター長／教授(兼)	折茂 慎一
センター長代理／教授(兼)	市坪 哲
教授	Bauer, Gerrit Ernst-Wilhelm
教授	藤原 航三
特任教授	河野 龍興
教授(兼)	高梨 弘毅
教授(兼)	宮坂 等
教授(兼)	加藤 秀実
准教授	水口 将輝
准教授	Belosludov, Rodion Vladimirovich
准教授	高木 成幸
助教(兼)	木口 賢紀
助教(兼)	伊藤 啓太
助教(兼)	前田 健作
助教(兼)	金 相侖
特任教授	湯本 道明

平成30（2018）年度 先端エネルギー材料理工共創研究センター運営委員会委員

組織（先端エネルギー材料理工共創研究センター内規第5条）：委員長及び次の各号に掲げる委員

- （1）研究所（センターを除く。）の教授又は准教授 若干人
- （2）センターの教授又は准教授 若干人
- （3）研究所の事務部長
- （4）その他委員長が必要と認めた者 若干人

任期：第5条第1号及び第4号に掲げる委員 2年（再任を妨げない）

平成30年10月1日現在

所属	職名	氏名	任期	備考
金属材料研究所	センター長	折茂 慎一		委員長
金属材料研究所	所 長	高梨 弘毅	H29.4.1-H31.3.31	5条1号
金属材料研究所	教 授	今野 豊彦	H29.4.1-H31.3.31	5条1号
金属材料研究所	教 授	古原 忠	H29.4.1-H31.3.31	5条1号
金属材料研究所	教 授	宮坂 等	H29.4.1-H31.3.31	5条1号
金属材料研究所	教 授	加藤 秀実	H29.4.1-H31.3.31	5条1号
金属材料研究所	センター長代理	市坪 哲	H30.4.1-H31.3.31	5条1号
金属材料研究所	教 授	Bauer, Gerrit Ernst-Wilhelm		5条2号
金属材料研究所	教 授	藤原 航三		5条2号
金属材料研究所	准教授	水口 将輝		5条2号
金属材料研究所	特任教授（研究 企画・運営担当）	湯本 道明	H29.4.1-H31.3.31	5条4号
金属材料研究所	特任教授（研究）	河野 龍興	H29.4.1-H31.3.31	5条4号
金属材料研究所	事務部長	高橋 嘉典		5条3号

令和元年 9 月発行

発行者 東北大学 金属材料研究所
先端エネルギー材料理工共創研究センター

〒980-8577

宮城県仙台市青葉区片平 2-1-1

TEL 022-215-2072

FAX 022-215-2073

E-Mail e-imr@imr.tohoku.ac.jp

URL <http://www.e-imr.imr.tohoku.ac.jp/>