

平成 29 年 6 月 26 日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2014～2016

課題番号：26708007

研究課題名(和文)「マイクロ孔イオニクス」の創成

研究課題名(英文) Micropore Ionics

研究代表者

山田 鉄兵 (Yamada, Teppei)

九州大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：10404071

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 19,200,000円

研究成果の概要(和文)：配位高分子は、直径1ナノメートル前後の小さな細孔を有する。その内部で流れるイオンの性質を利用して、新しい蓄電材料を構築した。
具体的にはリチウム電池の正極材料に配位高分子を用いることで、サイクル特性が良く、安全性の高い電池を構築できることを示した。さらに充放電が困難なマグネシウムイオンを用いた、マグネシウム電池の正極材料として、配位高分子が極めて有望であることを見出した。またガリウム電池という新しい電池の提案も行った。

研究成果の概要(英文)：Metal-organic frameworks or porous coordination polymers (PCPs) have micropore with a diameter of approximately 1 nm. We constructed novel rechargeable devices by applying ionics in those micropores.
By using PCPs as a cathode material of lithium batteries, we demonstrated that a battery with good cycle property and high safety can be constructed. Furthermore, we have found that PCPs are extremely promising as a cathode material of magnesium battery due to the high diffusivity of magnesium cation in PCPs. We also proposed a new gallium battery by using PCPs as cathode materials.

研究分野：イオニクス

キーワード：イオン伝導 リチウムイオン電池 マグネシウム電池 配位高分子

1. 研究開始当初の背景

リチウム、ナトリウムなどのイオンのイオン伝導性は、電池の電解質の性質を決める重要なパラメータである。電池の性能は電極間の電位差と、イオン及び電子伝導に起因する抵抗、もしくは過電圧により決まる。そのため、高いイオン伝導性を示す材料が求められている。我々は、配位高分子の細孔に導入した物質の相転移点、バルク材料と比較して大きく変化することを見出してきた。そのため、イオン性材料を導入することでその融点を低下させ、高いイオン伝導性を示す材料を構築することを目指した。

2. 研究の目的

本課題において、我々は多様な配位高分子に様々なイオン性材料を導入することで、イオン伝導体の融点を低下させ、高イオン伝導性の固体電解質とすることを目指した。

3. 研究の方法

配位高分子としては安定性が高いと言われる UiO-66, ZIF-8, MIL-100, MIL-101 および MIL-53 といった配位高分子を用いた。またイオン性ゲストとしては EMI-TF2N などを用いた。イオン性ゲストを導入することでどれだけ安定化するか、融点がどれだけ変化するかについては、DSC 測定により確認した。配位高分子の安定性については粉末 X 線回折測定により、細孔についてはガス吸着粗製糖温泉測定により、また導入の確認には粉末 X 線回折測定及び SEM-EDX 測定により行った。とり込まれたゲスト分子の性質は、IR、交流インピーダンス測定および DSC 測定により行った。

4. 研究成果

まず種々のゲスト分子をメタノールに溶解し、配位高分子に導入したところ、安定性が高いと言われている配位高分子のほとんどが、元の結晶構造を失うことがわかった。とくにリン酸二水素カリウムや亜硝酸ナトリウムを導入することで、全ての配位高

分子が崩壊した。溶液による導入では、ゲスト分子が配位高分子骨格に強く相互作用をするため、短時間では安定と思われていた配位高分子にたいしても配位子交換反応を起こすため結晶構造を保つことが出来ないと考えられる。一方、UiO-66 や Labtb という配位高分子を用いた場合にはイオン性ゲストを導入しても配位高分子の骨格が壊れないことがわかった。配位高分子にチオ尿素を導入したところ、DSC カーブからはチオ尿素の相転移に由来する熱ピークが消失し、包摂体では相転移が起こらなくなっていることがわかった。一方、様々なイオン性ゲストにおいて、融点の低下が観測された。これらのイオン伝導性を測定したところ、高いイオン伝導性を示すものがあることがわかった。

また配位高分子を正極材料として用いた二次電池の作成を検討した。具体的にはリチウム電池の正極材料に配位高分子を用いることで、サイクル特性が良く、安全性の高い電池を構築できることを示した。さらに充放電が困難なマグネシウムイオンを用いた、マグネシウム電池の正極材料として、配位高分子が極めて有望であることを見出した。またガリウム電池という新しい電池の提案も行った。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 25 件)

T. Yamada, Y. Kubo, N. Kimizuka, "Introduction of Thiourea into Metal-Organic Frameworks by Immersion Technique and Their Phase Transition Characteristics" **Chem. Lett.** (査読有), 46, 115-117 (2017), DOI:10.1246/cl.160910

M. Sadakiyo, T. Yamada, H. Kitagawa, "Poly{1,4-butanediammonium [tris- μ -oxalatodimanganese(II)] Hexahydrate}" **IUCrData.** (査読有), 1, x161639, 1-3 (2016), DOI:10.1107/S2414314616016394.

M. Sadakiyo, T. Yamada, H. Kitagawa, "A Study on Proton Conduction in a Layered Metal-Organic Framework, $Rb_2(adp)[Zn_2(ox)_3] \cdot 3H_2O$ (adp = adipic acid, ox^{2-} = oxalate)" **Inorg. Chem. Commun.** (査読有), 72, 138-140 (2016), DOI:10.1016/j.inoche.2016.08.016

T. Yamada, T. Nankawa, "High Proton Conductivity of

Zinc Oxalate Coordination Polymers Mediated by a Hydrogen Bond with Pyridinium” **Inorg. Chem.** (査読有), 55,8267-8270 (2016), DOI:10.1021/acs.inorgchem.6b01534

H. Zhou, T. Yamada, N. Kimizuka, “Supramolecular Thermo-Electrochemical Cells: Enhanced Thermoelectric Performance by Host–Guest Complexation and Salt-Induced Crystallization” **J. Am. Chem. Soc.** (査読有), 138,10502-10507 (2016), DOI:10.1021/jacs.6b04923

M. Sadakiyo, T. Yamada, H. Kitagawa, “Hydrated Proton-Conductive Metal–Organic Frameworks” **ChemPlusChem.** (Invited Minireview) (査読有), 81,691-701 (2016), DOI:10.1002/cplu.201600243 (Invited Minireview)

T. Yamada, M. Sadakiyo, A. Shigematsu, H. Kitagawa, “Proton-Conductive Metal–Organic Frameworks” **Bull. Chem. Soc. Jpn.** (査読有), 89, 1-10(2016), DOI:10.1246/bcsj.20150308

The Chemical Society of Japan Award for Young Chemists for 2012 BCSJ Diamond Collectionに選出

M. Sadakiyo, T. Yamada, K. Kato, M. Takata, H. Kitagawa, “A Significant Change in Selective Adsorption Behavior for Ethanol by Flexibility Control through the Type of Central Metals in a Metal–Organic Framework” **Chem. Sci.** (査読有), 7,1349-1356 (2016), DOI:10.1039/C5SC03325J

山田 鉄兵, “配位高分子を用いたナノ細孔プロトン伝導体” **M&BE** (査読無), 26, 19-24 (2015)

M. Abe, H. Futagawa, T. Ono, T. Yamada, N. Kimizuka, Y. Hisaeda, “An Electropolymerized Crystalline Film Incorporating Axially-Bound Metalloporhyenes Remarkable Reversibility, Reproducibility, and Coloration Efficiency of Ruthenium(II/III)-Based Electrochromism” **Inorg. Chem.** (査読有), 54, 11061-11063 (2015), DOI:10.1021/acs.inorgchem.5b02129

K. Fujie, R. Ikeda, K. Otsubo, T. Yamada, H. Kitagawa, “Lithium Ion Diffusion in a Metal–Organic Framework Mediated by an Ionic Liquid” **Chem. Mater.** (査読有), 27, 7355-7361 (2015), DOI:10.1021/acs.chemmater.5b02986

H. Okawa, M. Sadakiyo, K. Otsubo, K. Yoneda, T. Yamada, M. Ohba, H. Kitagawa, “Proton Conduction Study on Water Confined in Channel or Layer Networks of $\text{La}^{\text{III}}\text{M}^{\text{III}}(\text{ox})_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (M = Cr, Co, Ru, La)” **Inorg. Chem.** (査読有), 54, 8529-8535 (2015), DOI:10.1021/acs.inorgchem.5b01176

M. Mukoyoshi, H. Kobayashi, K. Kusada, M. Hayashi, T. Yamada, M. Maesato, J. M. Taylor, Y. Kubota, K. Kato, M. Takata, T. Yamamoto, S. Matsumura, H. Kitagawa, “Hybrid materials of Ni NP@MOF prepared by a simple synthetic method” **Chem. Commun.** (査読有), 51,

12463-12466 (2015), DOI:10.1039/C5CC04663G

K. Fujie, K. Otsubo, R. Ikeda, T. Yamada, H. Kitagawa, “Low temperature ionic conductor: ionic liquid incorporated within a Metal–Organic framework” **Chem. Sci.** (査読有), 6, 4306-4310 (2015), DOI:10.1039/C5SC01398D

K. Ishiba, M. Morikawa, C. Chikara, T. Yamada, K. Iwase, M. Kawakita, N. Kimizuka, “Photoliquefiable Ionic Crystals: A Phase Crossover Approach for Photon Energy Storage Materials with Functional Multiplicity” **Angew. Chem., Int. Ed.** (査読有), 54, 1532-1536 (2015), DOI:10.1002/ange.201410184

S. Uchida, Y. Ogasawara, T. Maruichi, A. Kumamoto, Y. Ikuhara, T. Yamada, H. Kitagawa, N. Mizuno, “Morphology-Controlled Synthesis of Cubic Cesium Hydrogen Silicododecatungstate Crystals” **Cryst. Growth Des.**, (査読有), 14, 6620–6626 (2014), DOI:10.1021/cg501575x.

T. Kajiwara, M. Higuchi, D. Watanabe, H. Higashimura, T. Yamada, H. Kitagawa, “A Systematic Study on the Stability of Porous Coordination Polymers against Ammonia” **Chem. Eur. J.** (査読有), 20, 15611-15617 (2014), DOI:10.1002/chem.201403542

M. Sadakiyo, T. Yamada, H. Kitagawa, “Proton Conductivity Control by Ion Substitution in a Highly Proton-Conductive Metal–Organic Framework” **J. Am. Chem. Soc.** (査読有), 136, 13166-13169 (2014), DOI:10.1021/ja507634v

M. Tadokoro, Y. Ohhata, Y. Shimazaki, S. Ishimaru, T. Yamada, Y. Nagao, T. Sugaya, K. Isoda, Y. Suzuki, H. Kitagawa, H. Matsui, “Anomalous Enhancement of Proton Conductivity for Water Molecular Clusters Stabilized in Interstitial Spaces of Porous Molecular Crystals” **Chem. Eur. J.** (査読有), 20, 13698-13709 (2014), DOI:10.1002/chem.201402900

K. Fujie, T. Yamada, R. Ikeda, H. Kitagawa, “Introduction of an Ionic Liquid into the Micropores of a Metal–Organic Framework and Its Anomalous Phase Behavior” **Angew. Chem., Int. Ed.** (査読有), 53, 11302-11305 (2014), DOI:10.1002/anie.201406011

② S. Miyatsu, M. Kofu, A. Nagoe, T. Yamada, M. Sadakiyo, T. Yamada, H. Kitagawa, M. Tyagi, V. G. Sakai, O. Yamamuro, “Proton Dynamics of Two Dimensional Oxalate-Bridged Coordination Polymers” **Phys. Chem. Chem. Phys.** (査読有), 16, 17295-17304 (2014), DOI:10.1039/c4cp01432d

② M. Sadakiyo, T. Yamada, K. Honda, H. Matsui, H. Kitagawa, “Control of Crystalline Proton-conducting Pathways by Water-induced Transformations of Hydrogen-bonding Networks in a Metal–Organic Framework” **J. Am. Chem. Soc.** (査読有), 136, 7701-7707

(2014), DOI:10.1021/ja5022014

- ⑳ T. Yamada, Y. Minami, N. Kimizuka, "Coordination Lamellar Nanofiber Consisting of N-(2-Hydroxy-n-dodecyl)-L-alanine and Divalent Copper" **Chem. Lett.** (査読有), *43*, 1031-1033 (2014), DOI:10.1246/cl.140271
- ㉑ T. Yamada, Y. Shirai, H. Kitagawa, "Synthesis, Water Adsorption and Proton Conductivity of Solid-Solution Type Metal-Organic Frameworks Al(OH)(bdc-OH)_x(bdc-NH₂)_{1-x}" **Chem. Asian J.** (査読有), *9*, 1316 - 1320 (2014) DOI:10.1002/asia.201301673
- ㉒ S. Sen, T. Yamada, H. Kitagawa, P. K. Bharadwaj, "A 3D Coordination Polymer of Cd(II) with an Imidazolium Based Linker Showing Parallel Polycatenation Forming Channels with Aligned Imidazolium Groups" **Cry. Growth Des.** (査読有), *14*, 1240-1244 (2014), DOI:10.1021/cg401760m

【学会発表】(計 50 件)

○F. Gao, H. .Kaku, T. Yamada, Y. Hoshino, N. Kimizuka, Y. Miura, "Novel Thermo-electrochemical Cells based on Proton-conjugated Electron Transfer in Aqueous pH-responsive Polymers", 日本化学会 第 97 春季年会, 2017/3/19, 慶応義塾大学日吉キャンパス,

○郷 暁鵬, 山田 鉄兵, 君塚 信夫, "フェロセン誘導体からなる熱化学電池と b-シクロデキストリンとの包摂によるゼーベック係数の向上" 日本化学会 第 97 春季年会, 2017/3/19, 慶応義塾大学日吉キャンパス,

江口 稔季, 山田 鉄兵, 成島 哲也, 君塚 信夫, "キラリ配位高分子への色素導入と誘起円二色性を利用した CD イメージング", 日本化学会 第 97 春季年会, 2017/3/19, 慶応義塾大学日吉キャンパス,

山田 鉄兵, "キラリなホストとゲストを利用した分子ネジの創成と展開", さきがけ「超空間」二期生ミーティング, 2017/1/30, TKP ガーデンシティ博多新幹線口

山田 鉄兵, "シクロデキストリンと三ヨウ化物イオンとのホスト - ゲスト相互作用を利用した熱電変換", ExOM&CMS 合同シンポジウム, 2017/1/17, 九大伊都キャンパス

T. Yamada, "Enhancement of seebeck coefficient of thermo-electrochemical cell by supramolecular chemistry", EMERGING ENERGY TECHNOLOGIES SUMMIT AND EXHIBITION, 2016/12/7. メルボルン大学

江口 稔季, 脇山 太郎, 山田 鉄兵, 成島 哲也, 君塚 信夫, "色素を導入したキラリ配位高分子の円二色性イメージングによるキラリ性の可視化", 高分子若手会、支部講演会, 2016/11/17, 菊南温泉ユウベル

ホテル、熊本市

○松木 昌也, 山田 鉄兵, 出倉 駿, 北川 宏, 安田 伸広, 君塚 信夫, "イオン性 Disordered Crystal における指向的イオン伝導" 第 10 回分子科学討論会, 2016/9/14, 神戸ファッションマート

○山田 鉄兵, 下野 智也, 松木 昌也, 君塚 信夫, "固体イオン伝導体による熱化学電池のゼーベック係数の制御", 第 10 回分子科学討論会, 2016/9/13, 神戸ファッションマート

白石 寛治, 山田 鉄兵, 君塚 信夫, "多孔性金属錯体を正極に用いた金属ガリウム二次電池の創製" 錯体化学会第 66 回討論会, 2016/9/11, 福岡大学 七隈キャンパス

○山田 鉄兵, 脇山 太郎, 江口 稔季, 君塚 信夫, "キラリ性を誘導した Labtb の合成とゲスト分子の誘起 CD の観測", 錯体化学会第 66 回討論会, 2016/9/11, 福岡大学

山田 鉄兵, "Thermoelectrochemical Cell and Supramolecular Chemistry", ICMM サテライトシンポジウム Molecular Technology for Functionalities, 2016/9/3, 東京国際フォーラム

山田 鉄兵, "ソフトイオニクス", CERi 公開講座, 2016/6/18, 福岡市産学連携交流センター

T. Yamada, Z. Hanyao, N. Kimizuka, "High Seebeck Coefficient of 2.0 mV/K Achieved by Host-Guest Chemistry into Thermo-electrochemical Cell", Nature Conference on Materials for Energy 2016, 2016/6/13, 武漢理工大学、中国

山田 鉄兵, 周 泓遥, 君塚 信夫, "シクロデキストリン添加による 1-/13-系熱化学電池のゼーベック係数の向上", 第 65 回高分子学会年次大会, 2016/5/25, 神戸国際会議場

山田 鉄兵, 脇山 太郎, 君塚 信夫, "La(btbb)のキラリ性の制御とゲストイオンの伝導挙動", 日本化学会 第 96 春季年会, 2016/3/27, 同志社大学 京田辺キャンパス

久保 勇太, 山田 鉄兵, 君塚 信夫, "多孔性金属錯体 UiO-66 に内包されたチオ尿素の相転移制御と誘電特性", 日本化学会 第 96 春季年会, 2016/3/27, 同志社大学 京田辺キャンパス

白石 寛治, 山田 鉄兵, 君塚 信夫, "ガリウムの固液相転移を利用した新規金属ガリウム二次電池の開発" 日本化学会 第 96 春季年会, 2016/3/25, 同志社大学 京田辺キャンパス

下野 智弥, 山田 鉄兵, 君塚 信夫, "ヨウ化コリンを固体電解質として利用した熱化学電池の構築" 日本化学会 第 96 春季年会, 2016/3/24, 同志社大学 京田辺キャンパス

- 周 泓遥, 山田 鉄兵, 君塚 信夫, “ポリマーと三ヨウ化物イオン間のホスト-ゲスト相互作用を利用した熱化学電池とゼーベック係数の向上” 日本化学会 第96 春季年会, 2016/3/24, 同志社大学 京田辺キャンパス
- ⑳ 周泓遥, 山田 鉄兵, 君塚 信夫, “シクロデキストリンの包接作用を利用した熱化学電池とゼーベック係数の向上” 日本化学会 第96 春季年会, 2016/3/24, 同志社大学 京田辺キャンパス
- ㉑ T. Yamada, “Redox activity of a nanoporous metal-organic framework MIL-100 for cathode of lithium ion battery”, Pacificchem2015, 2015/12/20, Hawaii Convention Center
- ㉒ T. Yamada, “Creation of chiral ionic plastic crystals and its proton conductivity”, Pacificchem2015, 2015/12/17, Hawaii Convention Center
- ㉓ T. Yamada, “CONTROL OF IONIC MOTION IN ASYMMETRIC NANOSPACE”, 日中クラスター会議 10th CJS MCC, 2015/10/25, 福州.中国
- ㉔ 山田 鉄兵, “伝導パス・伝導イオンの構造の対称性とイオン伝導性”, 物性研究所客員所員講演会, 2015/10/21, 東大物性研
- ㉕ 久保 勇太, 山田 鉄兵, 君塚 信夫, “様々な架橋配位子を有する多孔性高分子錯体に内包したチオ尿素の相転移と誘電特性”, 錯体化学会第65 回討論会, 2015/9/22, 奈良女子大学
- ㉖ 松木 昌也, 山田 鉄兵, 出倉 駿, 北川 宏, 安田 伸広, 君塚 信夫, “キラルなイオン結晶の構造とイオンの運動特性”, 分子科学討論会, 2015/9/19, 東京工業大学大岡山キャンパス
- ㉗ 下野 智弥, 松木 昌也, 山田 鉄兵, 出倉 駿, 北川 宏, 安田 伸広, 君塚 信夫, “アラニン誘導体からなるキラル粘性イオン結晶の構造とイオンダイナミクス”, 第64 回高分子討論会, 2015/9/17, 東北大学 川内キャンパス
- ㉘ 脇山 太郎, 山田 鉄兵, 君塚 信夫, “キラリ配位高分子のキラリティに依存したキラリイオンの物性評価”, 第64 回高分子討論会, 2015/9/15, 東北大学 川内キャンパス
- ㉙ 山田 鉄兵, “キラリティを導入したイオン性粘性結晶化合物のマイクロ秒スケールでの運動とカタチに由来するイオン伝導性の制御”, SP-8 研究交流会, 2015/9/13, 九州大学 I2CNER
- ㉚ 山田 鉄兵, “Redox stability of MIL-100(Fe) toward cathode of lithium ion battery”, 12th International Conference on Materials Chemistry (MC12), 2015/7/20, 21, イギリス,ヨーク
- ㉛ O.M. Matsuki, T. Yamada, S. Dekura; H. Kitagawa, N. Yasuda, N. Kimizuka, “Ionic Conduction in Chiral Organic Ionic Plastic Crystals”, 12th International Conference on Materials Chemistry (MC12), 2015/7/20, 21, イギリス,ヨーク
- ㉜ 山田 鉄兵, “キラルな空間とイオン伝導”, 第6 回統合物質若手研究会, 2015/7/3, 別府ホテル清風、大分
- ㉝ 久保 勇太, 山田 鉄兵, 君塚 信夫, “多孔性高分子錯体を用いたチオ尿素の相転移制御と誘電特性” 第52 回化学関連支部合同九州大会, 2015/6/27, 北九州国際会議
- ㉞ 下野 智弥, 松木 昌也, 山田 鉄兵, 君塚 信夫, “コリン誘導体カチオンを用いたキラル粘性結晶の創成とその新奇物性”, 第52 回化学関連支部合同九州大会, 2015/6/27, 北九州国際会議場
- ㉟ 山田 鉄兵, “Peculiar Ion Dynamics in a Confined Ionic Packings in a Plastic Crystal Phase”, 2015 International Conference on Nanospace Materials, 2015/6/23, National Taiwan University
- ㊱ T. Yamada, “Ion dynamics in chiral nanospace”, Joint Inorganic Chemistry Symposium, 2015/6/7, 精華大学、北京
- ㊲ 久保 勇太, 山田 鉄兵, 君塚 信夫, “多孔性高分子錯体におけるチオ尿素の相挙動および強誘電特性”, 第64 回高分子学会年次大会, 2015/5/28, 札幌コンベンションセンター
- ㊳ 山田 鉄兵, 松木 昌也, 下野 智弥, 君塚 信夫, “キラルなイオン性粘性結晶の合成とイオン伝導挙動”, 第64 回高分子学会年次大会, 2015/5/27, 札幌コンベンションセンター
- ㊴ 山田 鉄兵, “ナノ細孔を利用したイオン伝導の制御と応用”, 日本膜学会 第37 年会, 2015/5/15, 早稲田大学、東京
- ㊵ 松木 昌也, 山田 鉄兵, 出倉 駿, 北川 宏, 君塚 信夫, “キラル粘性結晶の合成とイオン伝導特性”, 日本化学会 第95 春季年会, 2015/3/27, 日本大学 理工学部船橋キャンパス / 薬学部
- ㊶ 下野 智弥, 松木 昌也, 山田 鉄兵, 出倉 駿, 北川 宏, 君塚 信夫, “コリン誘導体を用いたキラル粘性結晶の合成と物性”, 日本化学会 第95 春季年会, 2015/3/27, 日本大学 理工学部船橋キャンパス / 薬学部
- ㊷ 山田 鉄兵, “ナノ空間内のイオンの運動とエネルギー材料への挑戦”, 高分子学会・九州支部フォーラム, 2015/3/13, 崇城大学、熊本市
- ㊸ T. Yamada, “Proton conduction through disordered hydrogen bond network in ordered nanospace”, MOF-2014, 2014/10/1, Kobe
- ㊹ 山田 鉄兵, “規則的に並んだ乱雑さの構築と細孔内イオン伝導体の構築”, 量子ビームによるナノバイオ

サイエンス技術調査委員会, 2014/8/23, 長崎県工業センター、大村市

- ④⑥ T. Yamada, “High Proton Conductivity of Zinc Oxalate Metal–Organic Frameworks”, ACS fall meeting, 2014/8/10, San francisco
- ④⑦ 山田 鉄兵, イオンチャネル勉強会, 2014/7/16, 京都大学
- ④⑧ T. Yamada, M. Matsuki, N. Kimizuka, “ Synthesis and phase behavior of chiral ionic plastic crystal toward unconventional ionic transport material ”, 第 63 回高分子学会年次大会, 2014/5/29, 名古屋国際会議場
- ④⑨ ○脇山 太郎, 山田 鉄兵, 君塚 信夫, “ らせん細孔を有するメソポーラスシリカの構築と物性探索 ”, 第 63 回高分子学会年次大会, 2014/5/28, 名古屋国際会議場
- ⑤⑩ 山田 鉄兵, “ 配位高分子の細孔に規則的に並んだ乱雑さとイオン伝導性 ”, 2014/4/15, お茶の水女子大学

【図書】(計 0 件)

【産業財産権】

○出願状況 (計 3 件)

名称：熱電変換材料とそれを有する熱電変換装置、熱化学電池及び熱電センサー

発明者：山田鉄兵、周こうよう、君塚信夫

権利者：JST

種類：特許出願

番号：特願 2016-046309

出願年月日：3/9/2016

国内外の別：国内

名称：熱電変換材料とそれを有する熱電変換装置、熱化学電池及び熱電センサー

発明者：山田鉄兵、周こうよう、君塚信夫

権利者：JST

種類：PCT 特許出願

番号：PCT/JP2017/9511

出願年月日：3/9/2017

国内外の別：国外

名称：電解質水溶液および発電装置

発明者：星野 友、郭 本帥、山田 鉄兵、高 帆

権利者：九州大学

種類：特許出願

番号：特願 2017-028444

出願年月日：2017/02/17

国内外の別：国内

○取得状況 (計 0 件)

【その他】

ホームページ等

<https://sites.google.com/site/teppeiyamada0901/>

6 . 研究組織

(1)研究代表者

山田 鉄兵 (YAMADA, Teppei)

九州大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号：10404071