

令和 4 年 6 月 14 日現在

機関番号：25503

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K05633

研究課題名（和文）低温排熱を有効利用する有機/無機ハイブリッド熱電変換材料の創製とモジュール開発

研究課題名（英文）Creation of organic / inorganic hybrid thermoelectric materials and module development that effectively utilize low-temperature waste heat

研究代表者

白石 幸英 (Shiraishi, Yukihide)

山陽小野田市立山口東京理科大学・工学部・教授

研究者番号：60289303

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：カーボンナノチューブ（CNT）には多くの欠陥があり、導電率が低くなり、これはCNTの欠点である。欠陥のあるCNTでも、CNT、導電性高分子複合体のナノ粒子、およびポリ（塩化ビニル）で構成される3成分ハイブリッドフィルムを形成することにより、優れた熱電性能を提供できることを発見した。三元膜の良好な熱電性能は、おそらく、CNT間のポリマー複合体 - ナノ粒子の架橋効果に加えて、欠陥修復効果に起因した。一方、CNTの分散液中の貴金属イオンの化学的還元により調製したCNT/貴金属ナノ粒子ハイブリッド膜においても電気伝導率、ひいては熱電効果が向上した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

モノのインターネットを実現するための課題は、電源の確保であるが、電池交換、充電操作、電源配線などが容易ではない場所も多い。その電源技術のひとつとして注目されている技術が、熱、光、振動などを「ハーベスト」して、電力に変換する技術である。世界のエネルギーの66%は排熱として失われており、その大部分は150以下の低温排熱である。この低温排熱の有効利用法の一つとしての熱から電力を取り出す「熱電変換技術」は、可動部がないためメンテナンスフリーで長寿命、設置も容易な点で注目されている。従来、熱電変換材料には無機熱電材料のみが対象とされてきたが、本研究では有機/無機ハイブリッド熱電材料について検討した。

研究成果の概要（英文）：The carbon nanotubes (CNTs) have many defects resulting in low conductivity, which is a disadvantage of the CNTs. We discovered that even the defective CNTs can provide good thermoelectric performance by forming the ternary hybrid films made of the CNTs, nanoparticles (NPs) of conducting polymer complex, and poly(vinyl chloride). The good thermoelectric performance of the ternary film was possibly attributed to the defect repair effect in addition to the bridging effect of the polymer complex-NPs among the CNTs. Chemical reduction of metal ions in the dispersion of the CNTs, on the other hand, provided the hybrids with enhanced performance in the electrical conductivity, and, thus, the thermoelectrics.

研究分野：有機材料化学

キーワード：カーボンナノチューブ ナノ粒子 コロイド 熱電変換特性 ハイブリッド材料

1. 研究開始当初の背景

モノのインターネット(Internet of Things; IoT)を実現するための課題は、電源の確保であるが、電池交換、充電操作、電源配線などが容易ではない場所も多い。その電源技術のひとつとして注目されている技術が、熱、光、振動などを「ハーベスト」(収穫)して、電力に変換する技術である。世界の総エネルギー消費の約9割は、化石資源に依存しているが、66%が排熱として失われており、その大部分は 150℃ 以下の低温排熱である。この低温排熱の有効利用法の一つとしての熱から電力を取り出す「熱電変換技術」は、可動部がないためメンテナンスフリーで長寿命、設置も容易な点で注目されている。熱電変換材料の性能は、無次元熱電変換性能指数 $ZT = S^2 T / \rho \kappa$ で評価され、ゼーベック係数 S 、導電率 ρ 、熱伝導率 κ と、温度 T を用いて計算される。従来、熱電変換材料には無機熱電材料のみが対象とされ、テルル化ビスマス等が実際に電子冷却に用いられてきた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、有機材料と無機材料とのハイブリッド化によるハイブリッド熱電材料の飛躍的な性能向上と、p型半導体および、n型半導体から成る 2 型フレキシブル熱電変換モジュールの作製である。最近、我々は予備的に、p型半導体のみから成るユニレグ型の熱電変換モジュールを作製した。しかし、熱電変換モジュールは、p型半導体とn型半導体の両方からなる 2 型熱電変換モジュールの方が、配線は短く、単位面積当たりの素子数が多く効率に優れる。2 型熱電変換モジュールを開発するためには、p型半導体の更なる熱電特性の向上と、空気下で安定かつ高性能な n型半導体の熱電材料が必要である。これには、主要材料であるカーボンナノチューブ(CNT)の性能に強く依存するため、CNTの性能の改善が必須である。しかし、大量生産で得られる安価なCNTは、多くの欠陥を含むためCNT内のキャリア移動度が小さく、導電性が低いという大きな課題がある。この解決のため、「逆転の発想」で、欠陥を活性点ととらえ、CNTの欠陥をナノ材料で界面修飾することにより性能を改善する。このため、本研究者が永く経験をもつナノ材料の合成技術を駆使し、新しいキャリア供給性のナノ材料を創製する。

3. 研究の方法

a) CNTの欠陥補修およびp型半導体熱電材料の創製

CNTの欠陥を補修するために、粒径の小さなナノ材料が必要である。この小さなナノ材料をCNTの欠陥部位に選択的に担持させるために、本研究グループが最近開発した化学還元集積法を用いる。この方法では、CNT存在下でナノ材料を化学的手法で合成するため、欠陥に種々のナノ材料を直接充填することができる。欠陥部位にナノ材料を充填することによって、CNT内のナノ界面のキャリア移動を促進し、導電性が向上する効果が期待される。

b) n型半導体熱電材料合成

最近、CNTにヒドラジンを作用させることで、CNTのn型ドーピングに成功し、ポリ塩化ビニル(PVC)を用いることで一ヶ月以上n型半導体特性を維持することを見出した。これは簡易な手法で、長期間安定なn型フレキシブル膜を作製した初めての例である。更なる安定化を目指しn型無機半導体の創製を行う。

c) 有機/無機 型熱電変換モジュールの開発

CNT/ナノ材料ハイブリッドのバインダー高分子樹脂として、上述の PVC から検討を開始する。PVCで上手くいかないときは、フレキシブルディスプレイ基板などで使用されている可溶性ポリイミド(ソルビー工業(株))を用い、新しい概念に基づいた有機/無機ハイブリッド熱電材料を開発し、 型ハイブリッド熱電変換モジュールを作製する。

4. 研究成果

CNTを有機塩基化合物の1,8-ジアザビシクロ[5.4.0]-7-ウンデセン(DBU)および、樹状高分子のポリアミドアミン dendrimer (PAMAM)が溶解した水溶液中に投入し、超音波バス・超音波ホモジナイザーで分散させた。次に、得られたCNT分散液をポリイミド基板にキャストし、ホットプレート上で乾燥させ、有機熱電変換シートを作製した。キャラクタリゼーションは、UV-Vis 吸収スペクトル、透過型電子顕微鏡(TEM) 観察 および、ラマン分光分析を行った。熱電変換特性は、熱電特性評価装置 ZEM-3 で評価し、345 Kにおけるゼーベック係数および、導電率から出力因子を算出した。

種々の窒素含有化合物をドーブしたCNTシートを調べたところ、有機塩基の酸解離定数 pKa 値に応じて異なる熱電挙動を示すことがわかった。特に、超塩基 DBU をドーブの際には p 型 $58.1 \mu\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-2}$ だったCNTシートの PF 値は、n 型 $213.8 \mu\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-2}$ となり、高い n 型特性へ誘導された。次に、このシートの成形性を改善するため、CNT分散剤として機能する樹状高分子 PAMAM dendrimer を添加したところ、DBU-ドーブCNTの S 値が 1652 Scm^{-1} から 3731 Scm^{-1} に増加した。それに伴い、PAMAM dendrimer で保護した DBU ドーブCNTは高い出力因子を示した。すなわち、CNT分散をサポートする封止剤として PAMAM dendrimer を使用することで、CNTシートの特性向上に成功した。

PAMAM dendrimer で保護した Ag、Pt および、Au ナノ粒子の TEM 観察の結果、平均粒子径は、それぞれ 7.9 nm、487 nm、3.2 nm で、Ag および Au ナノ粒子は均一であった。熱電特性評価の結果、CNT複合膜のキャリアが電子であることを示した。一方、導電率は、金属種で大きく変化し、 $\text{Ag} > \text{Au} > \text{Pt}$ の順となった。すなわち、ナノ粒子の中心金属種の特徴が反映される結果となった。Ag イオン量を固定し、CNTに対して PAMAM の添加量を変化させた結果、出力因子は未添加 ($58.1 \mu\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-2}$) に対し、PAMAM-Ag ナノ粒子の添加で $268 \mu\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-2}$ を示し、約 4 倍向上した。この n 型半導体 CNTシートを 340 で 1 時間焼成したところ、興味深いことに半導体特性が n 型から p 型へと変化した。これらの材料より構築した 型モジュールは良好な発電性能を示し、4.2 μW の最大電力が得られた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 19件／うち国際共著 11件／うちオープンアクセス 16件）

1. 著者名 S. Hata, T. Yoshizumi, S. Hoshino, M. Gotsubo, Y. Shiraishi, N. Toshima	4. 巻 990
2. 論文標題 Improved Thermoelectric Behavior of Super-Growth Carbon Nanotube Using Tetrathiafulvalene-tetracyanoquinodimethane Nanoparticles	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materials Science Forum	6. 最初と最後の頁 209-214
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4028/www.scientific.net/MSF.990.209	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 S. Hata, T. Mihara, M. Shiraishi, Y. Yamaguchi, Y. Du, Y. Shiraishi, N. Toshima	4. 巻 59
2. 論文標題 Development of carbon nanotube organic thermoelectric materials using cyclodextrin polymer: control of semiconductor characteristics by the solvent effect	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SDD05 ~ SDD05
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab6341	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 F. Gao, Y. Zhang, F. Ren, Y. Shiraishi, and Y. Du	4. 巻 30
2. 論文標題 Universal Surfactant Free Strategy for Self Standing 3D Tremella Like Pd ₂ M (M = Ag, Pb, and Au) Nanosheets for Superior Alcohols Electrocatalysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advanced Functional Materials	6. 最初と最後の頁 2000255 ~ 2000255
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adfm.202000255	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 H. Asano, and Y. Shiraishi	4. 巻 3
2. 論文標題 Monitoring of Total Phosphorus in Koto River by Flow Injection Analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bulletin of Sanyo-Onoda City University	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Y. Shiraishi, S. Hoshino, K. Oshima, S. Hata, Y. Du and N. Toshima	4. 巻 30
2. 論文標題 Development of Organic and Inorganic Ternary Hybrid Thermoelectric Materials using Ag Nanoplates	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bull. Soc. Photogr. Imag. Japan	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 N. Toshima, and Y. Shiraishi,	4. 巻 92
2. 論文標題 Combination of nanoparticles and carbon nanotubes for organic hybrid thermoelectrics	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Pure and Applied Chemistry	6. 最初と最後の頁 967 ~ 976
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1515/pac-2019-1109	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 S. Hata, K. Taguchi, M. Kusada, Y. Du, Y. Shiraishi, N. Toshima	4. 巻 88
2. 論文標題 Characterization and Thermoelectric Behavior of Super-growth Carbon Nanotube Films Co-loaded with ZnO and Ag Colloids	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Electrochemistry	6. 最初と最後の頁 356 ~ 358
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5796/electrochemistry.20-64067	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 S. Kobayashi, Y. Shiraishi, T. Miyama, and N. Toshima	4. 巻 10
2. 論文標題 Interpretation of frequency modulation TN-LCD embedded with metal nanoparticles using equivalent circuit analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 105323 ~ 105323
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0027228	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 K. Oshima, Y. Shiraishi, T. Matsumura, A. Kuriyama, K. Taguchi, J. Inoue, H. Anno and N. Toshima	4. 巻 1
2. 論文標題 Enhancement of the electrical conductivity of defective carbon nanotube sheets for organic hybrid thermoelectrics by deposition of Pd nanoparticles	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materials Advances	6. 最初と最後の頁 2926 ~ 2936
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0MA00534G	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 C. Wang, L. Jin, H. Shang, H. Xu, Y. Shiraishi and Y. Du	4. 巻 -
2. 論文標題 Advances in engineering RuO ₂ electrocatalysts towards oxygen evolution reaction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chinese Chemical Letters	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ccllet.2020.11.051	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 白石 幸英	4. 巻 68
2. 論文標題 シクロデキストリンの化学と応用	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 化学と教育	6. 最初と最後の頁 224 ~ 227
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20665/kakyoshi.68.5_224	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 F. Gao, Y. Zhang, P. Song, J. Wang, T. Song, C. Wang, L. Song, Y. Shiraishi, and Y. Du	4. 巻 7
2. 論文標題 Precursor-mediated Size Tuning of monodisperse PtRh Nanocubes as Efficient Electrocatalysts for Ethylene Glycol Oxidation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry A	6. 最初と最後の頁 7891-7896
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9ta01071h.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 H. Asano, R. Kurihara, H. Mitsunaga, M. Ushiroguchi, K. Yamashita, and Y. Shiraishi	4. 巻 2
2. 論文標題 Atmospheric Environment in Sanyo Onoda, Yamaguchi, Japan, from FY2013 to FY2017 -With a Focus on Variation of PM2.5-	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Bulletin of Sanyo-Onoda City University	6. 最初と最後の頁 11-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 T. Song, F. Gao, Y. Zhang, P. Yu, C. Wang, Y. Shiraishi, S. Li, C. Wang, J. Guo, and Y. Du	4. 巻 101
2. 論文標題 Shape-Controlled PdSn Alloy as Superior Electrocatalysts for Alcohol Oxidation Reactions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers	6. 最初と最後の頁 167-176
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jtice.2019.04.049	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 S. Hata, K. Taguchi, K. Oshima, Y. Du, Y. Shiraishi, and N. Toshima	4. 巻 4
2. 論文標題 Preparation of Ga-ZnO Nanoparticles Using Microwave and Ultrasonic Irradiation, and the Application of Poly (3,4-ethylenedioxythiophene)-poly(styrenesulfonate) Hybrid Thermoelectric Films	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ChemistrySelect	6. 最初と最後の頁 6800-6804
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/slct.201901565	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 S. Hata, Y. Yanagawa, K. Oshima, J. Tomotsu, Y. Du, Y. Shiraishi, and N. Toshima	4. 巻 48
2. 論文標題 Highly stable n-type Carbon Nanotube Material under Accelerated Aging Conditions: Conjunctive Effect of Hydrazine Derivatives and Commodity Polymers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chem. Lett.	6. 最初と最後の頁 1109-1111
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.190407	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Y. Zhang, F. Gao, C. Wang, Y. Shiraishi, and Y. Du	4. 巻 11
2. 論文標題 Engineering Spiny PtFePd@PtFe/Pt Core/Multishell Nanowires with Enhanced Performance for Alcohols Electrooxidation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 30880-30886
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.9b09110	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 S. Hata, T. Yoshizumi, S. Hoshino, M. Gotsubo, Y. Shiraishi, N. Toshima	4. 巻 990
2. 論文標題 Improved Thermoelectric Behavior of Super-Growth Carbon Nanotube Using Tetrathiafulvalene-tetracyanoquinodimethane Nanoparticles	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materials Science Forum	6. 最初と最後の頁 209-214
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 S. Hata, T. Mihara, M. Shiraishi, Y. Yamaguchi, Y. Du, Y. Shiraishi, and N. Toshima	4. 巻 59
2. 論文標題 Development of Carbon Nanotube Organic Thermoelectric Materials Using Cyclodextrin Polymer: Control of Semiconductor Characteristics by the Solvent Effect	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 SDDD05
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab6341	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計24件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 岩本龍之介, 金子佳司, 草田茂吉, 秦 慎一, 白石幸英, 戸嶋直樹
2. 発表標題 ゼラチンを用いたAgコロイド/カーボンナノチューブハイブリッド膜の熱電変換特性
3. 学会等名 画像関連学会連合会第7回春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 郷坪実央, 白石美咲, 前城歎人, 秦 慎一, 白石幸英, 戸嶋直樹
2. 発表標題 カチオン性界面活性剤を用いたカーボンナノチューブ材料のn型熱電特性
3. 学会等名 画像関連学会連合会第7回春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 秦 慎一, 岩元慶太, 北野翔, 幅崎浩樹, 白石幸英, 戸嶋直樹
2. 発表標題 多孔性金属錯体ZIF-8に担持された貴金属クラスターの調製とニトロフェノール誘導体の触媒的水素化反応
3. 学会等名 第71回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 秦 慎一, 白石美咲, 白石幸英, 戸嶋直樹
2. 発表標題 界面活性剤水溶液から調製されたカーボンナノチューブフィルムにおけるキャリア安定性と有機熱電特性
3. 学会等名 第69回高分子討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 郷坪実央, 草田茂吉, 秦 慎一, 白石幸英
2. 発表標題 界面活性剤保護ナノロッドによりキャリア変調したカーボンナノチューブ熱電複合膜
3. 学会等名 2020年度 日本写真学会秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 白石幸英
2. 発表標題 複合銀コロイド粒子の創製と応用に関する研究
3. 学会等名 2020年度 日本写真学会秋季大会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮地洸輔, 秦 慎一, 白石幸英, 戸嶋直樹
2. 発表標題 異種金属元素をドーブしたCuベース金属有機構造体の調製と低温常圧における水素吸着挙動
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 境 優生, 秦 慎一, 北野 翔, 幅崎浩樹, 白石幸英, 戸嶋直樹
2. 発表標題 多孔体高分子に担持されたRh-Pd合金ナノ触媒の調製と有機色素分子に対する分解特性
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Hata, T. Mihara, Y. Shiraishi, and N. Toshima
2. 発表標題 Development of carbon nanotube organic thermoelectric materials using cyclodextrin polymer: Control of semiconductor characteristics by the solvent effect
3. 学会等名 The 10th International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (M&BE10) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Y. Shiraishi, Y. Harada, H. Sawai, S. Hata, and H. Asano
2 . 発表標題 Preparation and Electro-Optic Properties of LCDs Doped with C60/Poly(γ -cyclodextrin)-Stabilized Rh Nanoparticles
3 . 学会等名 The 18th edition of Optics of Liquid Crystals (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 S. Hata, T. Yoshizumi, S. Hoshino, M. Gotsubo, Y. Shiraishi, and N. Toshima
2 . 発表標題 Improved Thermoelectric Behavior of Super-Growth Carbon Nanotube Using Tetrathiafulvalene- tetracyanoquinodimethane Nanoparticles
3 . 学会等名 The 8th International Conference on Nanostructures, Nanomaterials and Nanoengineering 2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 S. Hata, J. Tomotsu, K. Maeshiro, Y. Shiraishi, and N. Toshima
2 . 発表標題 Organic Enhanced Thermoelectric Performance of n-type Carbon Nanotube Material: Conjunctive Effect of Electron Donating Copolymer and Structural Isomer Diphenylhydrazine
3 . 学会等名 The OKINAWA COLLOIDS 2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 N. Toshima, K. Oshima, and, Y. Shiraishi
2 . 発表標題 Organic Hybrid Thermoelectric Materials Based on Inexpensive Carbon Nanotubes
3 . 学会等名 The OKINAWA COLLOIDS 2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 浅野 比, 光永晴美, 栗原 遼, 佐藤尚紀, 山下貢治, 白石幸英
2. 発表標題 SPM, PM2.5, SO2, NO2から見た山陽小野田市の大気環境
3. 学会等名 日本分析化学会第79回討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 白石幸英, 木下翔平, 栗山鮎美, 田口和樹, 大島啓佑, 秦 慎一, 戸嶋直樹
2. 発表標題 Agナノ粒子を担持したカーボンナノチューブの熱電特性
3. 学会等名 2019年度 日本写真学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 前城歙人, 鞆津 迅, 秦 慎一, 白石幸英, 戸嶋直樹
2. 発表標題 ヒドラジン誘導体とポリピニルピロリドン-ポリピニルアルコール共重合体によるカーボンナノチューブ材料の熱電変換特性
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 草田茂吉, 田口和樹, 秦 慎一, 白石幸英, 戸嶋直
2. 発表標題 Ag担持ZnO/CNT複合体の調製と熱電特性
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浅野 比, 川原凌一, 前田 大志朗, 白石幸英
2. 発表標題 ペーパー分析デバイスによる金属イオンの定量
3. 学会等名 日本分析化学会第68年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浅野 比, 佐藤尚紀, 栗原 遼, 白石幸英
2. 発表標題 山口県山陽小野田市のPM2.5日平均環境基準値超過要因
3. 学会等名 日本分析化学会第68年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 前城歙人, 鞆津 迅, 秦 慎一, 白石幸英, 戸嶋直樹
2. 発表標題 ポリビニルピロリドン-ポリビニルアルコール共重合体によるn型カーボンナノチューブ材料の熱電変換特性
3. 学会等名 画像関連学会連合会第6回秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ag/ZnOナノ粒子/SGCNTハイブリッドの調製と熱電特性
2. 発表標題 草田茂吉, 田口和樹, 秦 慎一, 白石幸英, 戸嶋直樹
3. 学会等名 画像関連学会連合会第6回秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 秦 慎一, 鞆津 迅, Gergely Juhasz, 白石幸英, 戸嶋直樹
2. 発表標題 電子供与性高分子とヒドラジン類縁体によるn型半導体CNTの熱電変換挙動
3. 学会等名 2019年度 材料技術研究協会討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 白石幸英, 草田茂吉, 木下翔平, 田口和樹, 秦 慎一, 戸嶋直樹
2. 発表標題 カーボンナノチューブ/Agコロイドを用いたハイブリッド熱電変換材料
3. 学会等名 白石幸英, 草田茂吉, 木下翔平, 田口和樹, 秦 慎一, 戸嶋直樹
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 秦 慎一, 山口裕也, Juhasz Gergely, 白石幸英, 戸嶋直樹
2. 発表標題 高分子で封止された窒素塩基性化合物ドーパカーボンナノチューブのn型有機熱電特性
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計4件

1. 著者名 N. Toshima, K. Oshima, and Y. Shiraishi	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 13
3. 書名 New Polymeric Materials Based on Element-Blocks	

1. 著者名 白石幸英, 大島啓佑, 戸嶋直樹	4. 発行年 2019年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 9
3. 書名 次世代のポリマー・高分子開発、新しい用途展開と将来展望	

1. 著者名 Y. Shiraishi, S. Kobayashi, T. Miyama, N. Toshima, H. Furue, K. Takeishi, H. Takatsu, K.-H. Chang, and L.-C. Chien	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Inst of Engineering & Technology	5. 総ページ数 12
3. 書名 High Quality Liquid Crystal Displays and Smart Devices	

1. 著者名 秦 慎一, 大島啓佑, 白石幸英, 戸嶋直樹	4. 発行年 2019年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 7
3. 書名 カーボンナノチューブの表面処理・分散技術と複合化事例	

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 複合体、分散液及び熱電変換素子	発明者 内田秀樹, 白石幸英, 戸嶋直樹, 秦慎一	権利者 日本ゼオン(株), 公立大学法人山 陽小野田市立山
産業財産権の種類、番号 特許、2019-239288	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 カーボンナノチューブ複合膜及びその製造方法、並びに熱電変換素子	発明者 内田秀樹, 白石幸英, 秦慎一, 戸嶋直樹	権利者 日本ゼオン(株), 公立大学法人山 陽小野田市立山
産業財産権の種類、番号 特許、2021-213177	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

白石幸英研究室
http://shiraishi.rs.socu.ac.jp
researchmap(白石幸英)
https://researchmap.jp/read0050522
orcid(Yukihide Shiraishi)
https://orcid.org/0000-0003-2579-142X

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	浅野 比 (Asano Hitoshi) (60389153)	山陽小野田市立山口東京理科大学・共通教育センター・准教授 (25503)	
研究分担者	秦 慎一 (Hata Shinichi) (20796271)	山陽小野田市立山口東京理科大学・工学部・助教 (25503)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------