

令和 3 年 5 月 21 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01331

研究課題名(和文) 高品質な低次元接合界面の実現と熱電機能の創出

研究課題名(英文) Realization of high-quality, low-dimensional joining interface and its application for creating thermoelectric power function

研究代表者

燈明 泰成 (Tohmyoh, Hironori)

東北大学・工学研究科・教授

研究者番号：50374955

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：薄板型熱発電機の接合界面の品質を向上し、これを積層して高効率な熱電変換を実現した。金属細線・薄板なる低次元材料同士をジュール熱により接合し、電流や音波を用いた手法により接合部の品質を評価した。薄板型熱発電機の異種金属接合界面を酸化することで熱電変換性能が向上することを見出すと共に、その最大出力を理論的に算出した。更に薄板型熱発電機を積層した熱発電機の出力を予測する理論モデルを構築し、その妥当性を検証した。理論モデルより、薄板型熱発電機をAgペーストで100枚積層した場合、40Kなる低温度差において50uWの出力が得られるとの試算を得た。これは実用化に向けた有益な知見である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題の遂行により実現した、ジュール熱を用いた金属細線・薄膜の高確度な接手法は、低次元接合界面の品質が性能に影響を及ぼす次世代材料システムの創出に欠かせない手法となり得ると期待できる。また取り扱った希少金属を用いない積層型熱発電機は、Bi-Te系合金を用いた熱電変換に係るリサイクルの問題を解決するものであり、今後の更なる研究により実用化できれば、その社会的意義は大きい。

研究成果の概要(英文)：The quality of the bi-metal interface of a plate-type thermoelectric generator has been improved, and the effective thermoelectric conversion was realized by stacking them. The low-dimensional metallic materials, such as thin wire and thin plates, were joined together by Joule heating, and the quality of the joining interface was evaluated by the techniques with the current or the sound. Oxidizing the bi-metal interface of the plate-type generator was found to be effective to enhance its performance, and the maximum power was estimated theoretically. A theoretical model to predict the performance of the stacked-type thermoelectric generator, which was composed by stacking multiple plate-type generators, has been proposed, and the validity of the model was verified. The maximum power was estimated to be 50uW at the small temperature difference of 40K when 100 plate-type generators were stacked with the Ag past. This is the useful knowledge for the practical use.

研究分野：材料力学および機械材料関連

キーワード：金属細線 金属薄板 ジュール熱 接合界面 品質 熱電機能 薄板型熱発電機 積層

1. 研究開始当初の背景

優れた物理的諸特性と幾何学的な特徴を有するマイクロ・ナノ材料を活用した新しい革新的な材料システムの創出が期待されている。一般的に材料同士の接合界面の品質は機器や製品の性能に大いに関係することから重要であり、このことは低次元材料を活用した材料システムにおいても例外ではない。しかしながら、微細な材料についてはそもそも接合技術が確立されておらず、また低次元材料同士の接合界面の品質を評価することは各種分析手法の分解能の限界等の理由により容易ではない。

本研究課題は、金属細線・薄板を対象とし、如何にこれら低次元材料の高品質な接合界面を実現するかと、その品質をどうやって定量的に評価するかに研究課題の核心をなす学術的「問い」があり、これらの学術的基盤を構築した先に研究代表者らが提案している薄板型熱発電機(図1)の飛躍的な性能向上が期待される。ここに当該熱発電機の接合界面の品質を向上し、定量的に品質を評価して選別した熱発電機を積層することにより、革新的な熱電変換が実現できると着想した。

はじめにジュール熱を用いた独自の手法により金属細線・薄板を接合し、その接合界面の品質を評価する手法を開発する。得られた知見を金属薄板と金属薄膜との蒸着接合界面の品質評価に活用して熱電変換性能に優れた薄板型熱発電機を選別する。更にこれを積層することにより、着想を具現化する。

2. 研究の目的

本研究は金属細線・薄板なる低次元材料同士の接合界面を取り扱い、高品質な接合界面を実現する手段と、その品質を定量的に評価する手法の学術的基盤を確立し、得られた高品質な異種金属接合界面において高効率な熱電変換を実現することを目的とする。具体的に、ジュール熱を用いた研究代表者ら独自の手法により金属細線同士を接合し、当該抵抗接合界面の品質を定量的に評価する。次に接合対象次元を拡張して同種・異種金属薄板同士の接合を実現すると共に、当該抵抗接合界面の品質を評価する。低次元材料の抵抗接合界面で得られた知見を、金属薄板と蒸着薄膜との蒸着接合界面の評価に活用し、熱電変換性能に優れた薄板型熱発電機を選別する。最終的にそれらを積層した積層型熱発電機を試作して排熱エネルギーを高効率に回収する。

3. 研究の方法

本研究では目的達成のため、(1)金属細線の抵抗接合界面を対象とした品質評価手法の確立、(2)細線系伝熱問題の次元拡張と薄板接合理論の構築、(3)金属薄板の接合実現と品質評価、(4)異種金属薄板の接合飛躍と品質評価、(5)蒸着接合界面の品質評価への応用、(6)蒸着接合界面の熱電変換性能向上、(7)積層型高効率熱発電機の試作と評価、(8)極低温度差発電の実現と排熱エネルギーの回収、なる8項目の研究を推進して革新的な低温度差発電技術を創出する。

4. 研究成果

(1)金属細線の抵抗接合界面を対象とした品質評価手法の確立

金属細線同士の接合を取り扱い、様々な条件で接合した抵抗接合界面の品質を評価した。顕微鏡観察下で引張試験が実施可能な試験機を試作して(図2)接合した細線の引張試験を実施し、接合部が十分な強度を有することを確認した。また微小区間電位差法により接合した細線の電気抵抗を測定し、接合部の電気抵抗率が母材のそれと変わらないことを確認した。さらに透過電子顕微鏡観察により接合部の組織的損傷領域が限定的であることを確認した。

(2)細線系伝熱問題の次元拡張と薄板接合理論の構築

先に同種金属細線系、および異種金属細線系で構築した微小接点の熔融理論を基に、薄板の側面同士を高確度で接合するための理論を構築した。ここに対向して接触させた薄板の面内に一様直流電流を付与する伝熱問題を取り扱い、異種金属薄板系では内部に非対称な温度分布が形成さ

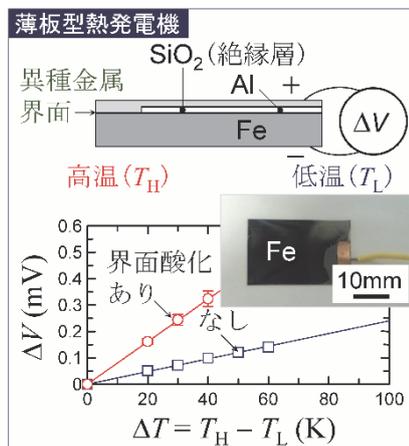


図1 熱電変換性能の向上を図る薄板型熱発電機(異種金属界面側と反対側の温度差 ΔT に起因して板の上下面で熱起電力 ΔV が発生)

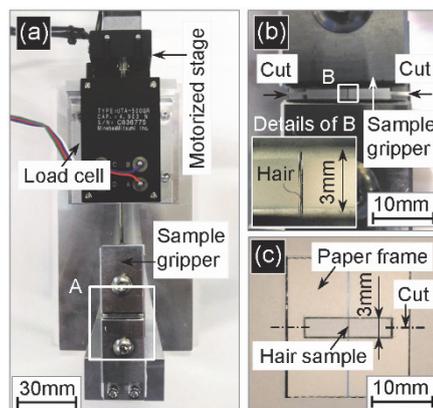


図2 試作した引張試験機構(毛髪サンプルによりサンプル把持法を検討)(Reprinted with permission from (3). Copyright (2021), Elsevier・文献番号は雑誌論文の雑誌名末尾に記載の番号と対応)

れることを考慮して接合に必要な電流値を試算することを可能にした。薄板の接合においては通電区間長さに加えて、板厚と板幅が溶接条件に大きく影響を及ぼす。これを明らかにするため、直径の異なる金属細線を切断するのに必要な電流値を系統的に調査し、当該細線周りの熱的境界条件を定量的に把握することに成功した(図3)。また金属ナノワイヤ(NW)とカーボンナノチューブ(CNT)との接合に関して、Ag NWとCNTとの接触挙動を分子動力学法により解析し、CNTがはじめNWの周囲に沿って移動し、やがてNWを包み込み、最終的に二重壁に変換されることを明らかにした(図4)。この挙動にファンデルワールス相互作用力が重要な役割を果たしていることも見出している。

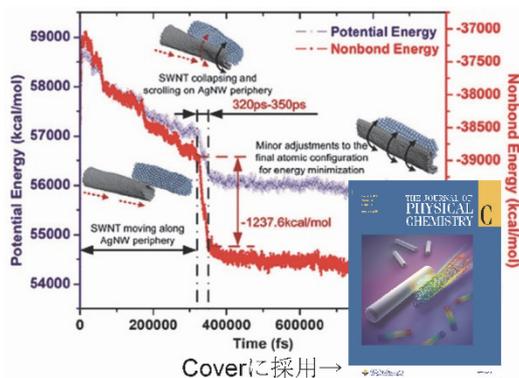


図4 Ag NW と CNT の接触挙動と相互作用力 (Reprinted with permission from (13). Copyright (2019), ACS)

(3) 金属薄板の接合実現と品質評価

顕微鏡観察下で同種金属薄板同士の接合を試みた。対向させた薄板を面内に拘束して側面同士を接触させると共に、線電極により薄板内に一様直流電流を付与して両者を接合した。ここに接触部の温度上昇を顕微鏡サーモグラフィにより観察した(図5)。電流を用いた低次元材料の接合においては通電下における材料の温度を知ることが重要である。これに関し、金属細線の電気抵抗率の温度依存性を予め調査し、これと細線表面の2点間で測定した電位差より、電位差測定区間内の温度分布を推定する手法を提案した(図6)。

(4) 異種金属薄板の接合飛躍と品質評価

同種金属薄板同士の接合の知見を活用して、異種金属薄板同士の接合を試みた。Fe、Al、Ni など、様々な金属の組合せで異種金属接合部を含む熱電回路を構築して熱電変換性能を評価した。ここに異種金属接合部をヒータにより加熱することで回路内に温度差を生じさせ、発生した熱起電力を測定することで異種金属の組合せによる熱電変換性能の差異を観察した。

(5) 蒸着接合界面の品質評価への応用

低次元材料の抵抗接合界面で確立した品質評価手法を、研究代表者らが提案している薄板型熱発電機の核となる金属薄板に金属薄膜を蒸着した蒸着接合界面の評価に応用した。ここに熱電変換性能に加えて、蒸着接合界面を超音波顕微鏡観察して界面に存在する欠陥や密着性を非破壊的に評価することにより、優れた熱電変換性能を有する熱発電機が選別できる可能性を見出した。また抵抗溶接部の超音波画像を適切な手法で二値化処理することにより、接合形状を精度良く推定する手法を開発した(図7)。

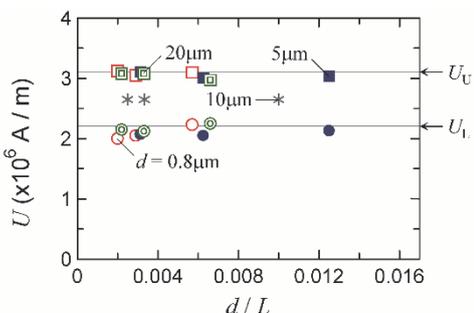


図3 直径の異なる Pt 細線の溶接条件を統一的に記述することに成功 (Reprinted with permission from (9). Copyright (2019), JSME)

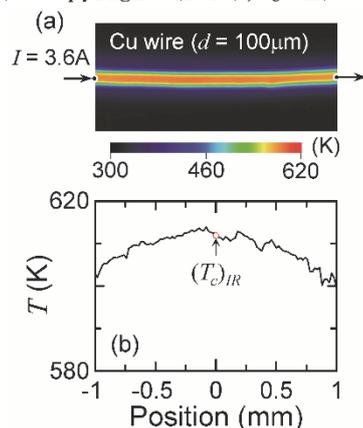


図5 温度分布観察の一例 (Reprinted with permission from (1). Copyright (2020), Springer)

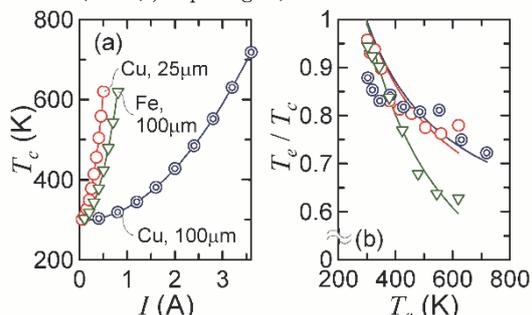


図6 推定した温度分布 (Reprinted with permission from (1). Copyright (2020), Springer)

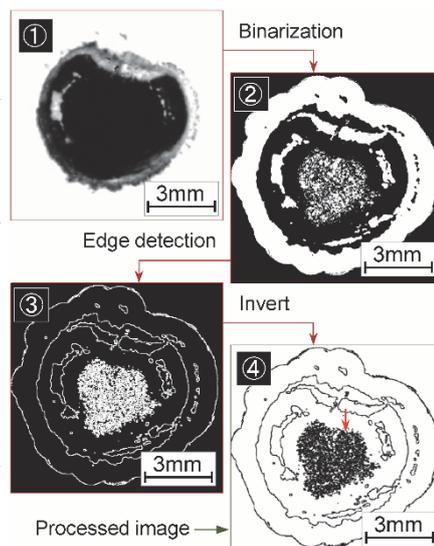


図7 接合形状の抽出 (Reprinted with permission from (4). Copyright (2021), Elsevier)

(6) 蒸着接合界面の熱電変換性能向上

接合界面の材料物性や幾何学的特徴が薄板型熱発電機の熱電変換性能に及ぼす影響を調査した。Fe 薄板を様々な温度で酸化させて作製した薄板型熱発電機の熱電変換性能を評価したところ、酸化温度により性能が大きく異なることを確認した。これは酸化温度によって異なる Fe 酸化物が形成されるためであった。ゼーベック係数と内部抵抗との間に相関があるという固体物理の知見を基に、当該熱発電機の最大出力を予測する理論モデルを構築した(図 8)。また Fe 薄板に微細な幾何学パターンを施すことにより当該熱発電機の熱電変換性能が変化することを確認した。金属蒸着薄膜に関し、電流を用いた熱処理により結晶粒を成長させることで、集束イオンビームによるエッチング加工性が向上することを明らかにした。

(7) 積層型高効率熱発電機の試作と評価

熱電変換性能を向上させた複数の薄板型熱発電機を積層することにより、高効率な積層型熱発電機を試作した。はじめに Fe 板と Ni 板とを Cu、Ag、カーボンペースト、In で積層し、積層に伴う電気抵抗の増加量を測定したところ、Ag ペーストを用いた場合が最小であった。そこで Ag ペーストにより 6 枚の薄板型熱発電機を積層した積層型熱発電機を試作したところ、最大出力は薄板型熱発電機の 2 倍となった。また積層枚数 (n) の増加に伴う電気抵抗の増加を考慮して積層型熱発電機の出力を予測する理論を構築した(図 9)。実際に積層枚数を 1 から 6 枚まで変えて作製した積層型熱発電機の出力の実験値は予測値と良く一致した。理論モデルより、積層枚数を増やすことで熱発電機内の電気抵抗を電力供給対象のそれに近づけインピーダンス整合を取りつつ、出力が向上できることを実証した(図 10)。これは実用化に向けた重要な成果である。

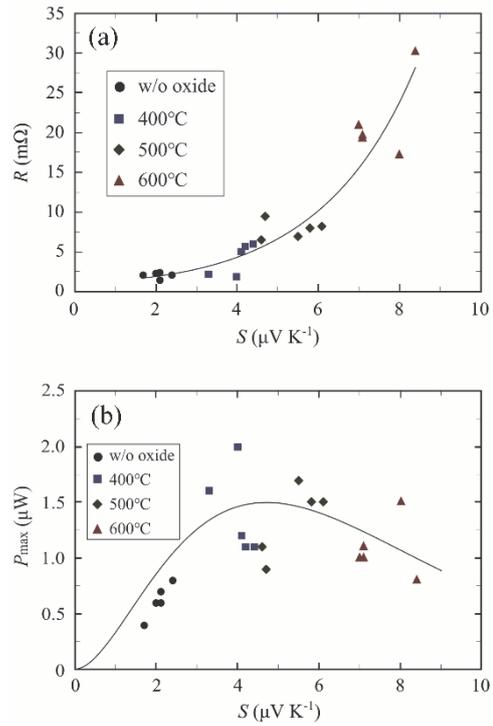


図 8 酸化による最大出力変化とその予測(ゼーベック係数と内部抵抗との関係より最大出力を予測)(Reprinted with permission from (10). Copyright (2019), IOP)

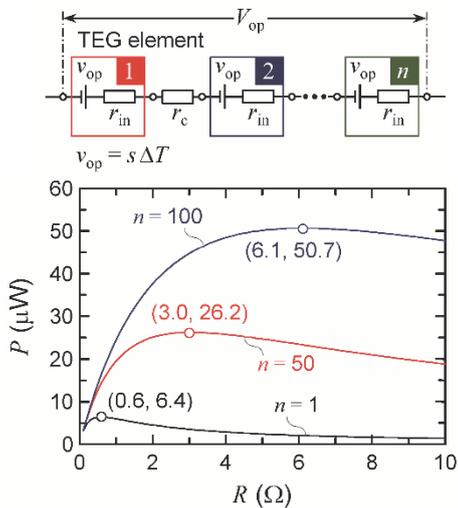


図 10 積層型熱発電機の出力予測モデルと予測結果の一例

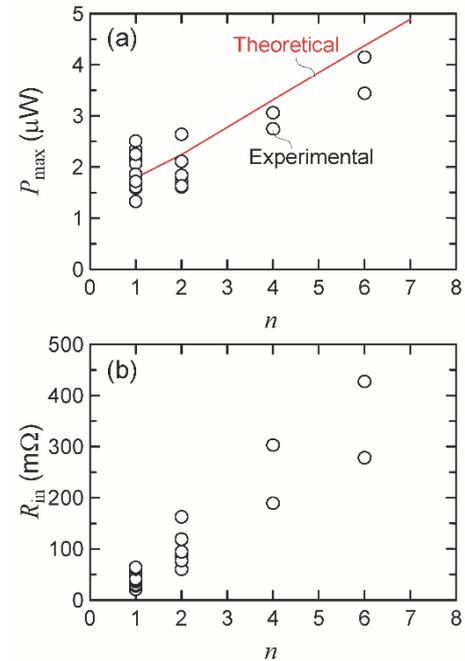


図 9 積層に伴う最大出力の増加と内部抵抗の変化

(8) 極低温度差発電の実現と排熱エネルギーの回収

薄板型熱発電機を利用してモータの駆動時にモータ表面に発生する排熱を再び電力として回収することを試みた。直流モータの回転部にプーリーを取り付け、プーリーにトルク負荷を与えた状態でモータを回転させたところ、負荷が増加するほど回転数は低下した。一方、モータの表面温度は負荷が増加するほど上昇し、エネルギーの一部が熱として散逸されていることを確認した。薄板型熱発電機をモータ表面に取り付けて排熱エネルギーの回収を試みたところ、僅か 6K 程度のモータ表面の温度上昇を利用して、回転数を 2%以上増大することができ、実現した薄板型熱発電機が排熱エネルギーの回収に有用であることを確認した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 15件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 H. Tohmyoh, K. Hiwatashi	4. 巻 27
2. 論文標題 The Use of Potential Drop Measurements to Predict the Temperature Distribution in a Thin Wire with Current Flowing through It	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Microsystem Technologies (1)	6. 最初と最後の頁 639-648
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00542-020-05043-w	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 藤田賢人, 燈明泰成	4. 巻 86
2. 論文標題 単一毛髪の引張特性に及ぼす試験条件の影響と光学顕微鏡による引張変形中のキューティクルのその場観察	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本機械学会論文集 (2)	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/transjsme.20-00043	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 H. Tohmyoh, K. Fujita, H. Suzuki, K. Futada	4. 巻 113
2. 論文標題 Structural Elasticity for Tensile Deformation of a Single Human Hair and the Comparison with It for the Bending Deformation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials (3)	6. 最初と最後の頁 104166-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmbbm.2020.104166	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 H. Tohmyoh, M. Ito, Y. Hasegawa, Y. Matsui	4. 巻 114
2. 論文標題 Extraction of the Outer Edge of Spot Welds from the Acoustic Image with the Aid of Image Processing	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The International Journal of Advanced Manufacturing Technology (4)	6. 最初と最後の頁 1731-1740
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00170-021-06998-4	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 H. Tohmyoh	4. 巻 n/a
2. 論文標題 Materials Evaluation and Environmental Monitoring Utilizing an Acoustic Resonance	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the JSME 2020 Conference on Leading Edge Manufacturing/Materials and Processing (5)	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) 10.1115/LEMP2020-8503	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 J. Cui, H. Mei, J. Zhang, Z. Fan, J. Yang, W. Wang, H. Tohmyoh, X. Mei	4. 巻 13
2. 論文標題 Interfacial Contact Behavior between CNTs and AgNW with Molecular Dynamics Simulation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materials (6)	6. 最初と最後の頁 1290-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma13061290	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 T. Sasaki, H. Tohmyoh	4. 巻 38
2. 論文標題 Corrosion Behavior of Ag Film Lines in Atmospheric Conditions Estimated by Means of Electrical Resistance Technique	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Vacuum Science and Technology B (7)	6. 最初と最後の頁 014011-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1116/1.5132765	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 H. Tohmyoh, A. Fukuda, Y. Kimura	4. 巻 68
2. 論文標題 The Mechanical Properties of Polycrystalline Cu Microwires Having the Crystal Grains Grown by Joule Heating	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Society of Materials Science, Japan (8)	6. 最初と最後の頁 443-449
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2472/jsms.68.443	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 H. Tohmyoh, K. Yamaguchi	4. 巻 6
2. 論文標題 Thermal Boundary Conditions around Thin Pt Wires under the Current Supply and Its Application for Joule Heat Welding of Wires Having Various Diameters	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Mechanical Engineering Journal (9)	6. 最初と最後の頁 18-00509-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/mej.18-00509	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 N. Ogi, H. Tohmyoh	4. 巻 58
2. 論文標題 The Effect of Oxidation Temperature on the Thermoelectric Performance of the Plate-Type Thermoelectric Power Generator	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics (10)	6. 最初と最後の頁 SDDL05-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab0886	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 H. Tohmyoh, S. Terashima	4. 巻 2
2. 論文標題 Trial for Monitoring the Water Temperature Utilizing the Frequency Dependence of Reflection Coefficient of Ultrasound Passing through Thin Layer	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ASME Journal of Nondestructive Evaluation, Diagnostics and Prognostics of Engineering Systems (11)	6. 最初と最後の頁 021001-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1115/1.4042871	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 H. Tohmyoh, D. Taniguchi	4. 巻 2
2. 論文標題 Determination of the Structural Elasticity of Human Fingernails by Bending Test and Comparison with the Structural Elasticity of Human Hair	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ASME Journal of Engineering and Science in Medical Diagnostics and Therapy (12)	6. 最初と最後の頁 031001-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1115/1.4042926	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 J. Cui, J. Zhang, X. Wang, B. Theogene, W. Wang, H. Tohmyoh, X. He, X. Mei	4. 巻 123
2. 論文標題 Atomic-Scale Simulation of the Contact Behavior and Mechanism of the SWNT-AgNW Heterostructure	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C (13)	6. 最初と最後の頁 19693-19703
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.9b05181	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 J. Cui, X. Ren, H. Mei, X. Wang, J. Zhang, Z. Fan, W. Wang, H. Tohmyoh, X. Mei	4. 巻 512
2. 論文標題 Molecular Dynamics Simulation Study on the Interfacial Contact Behavior between Single-Walled Carbon Nanotubes and Nanowires	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Surface Science (14)	6. 最初と最後の頁 145696-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apsusc.2020.145696	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 T. Sasaki, H. Tohmyoh	4. 巻 36
2. 論文標題 Enhancing the Focused Ion Beam Etch Rate of Ag Films by Joule Heating	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Vacuum Science & Technology B (15)	6. 最初と最後の頁 061210-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1116/1.5054991	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 -

〔学会発表〕 計24件（うち招待講演 4件／うち国際学会 6件）

1. 発表者名 燈明泰成
2. 発表標題 音響共鳴現象を利用した材料評価の実例について
3. 学会等名 日本非破壊検査協会 第28回超音波による非破壊評価シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 燈明泰成
2. 発表標題 薄層を介して送受信される超音波の理論モデルとその活用
3. 学会等名 電子情報通信学会 超音波研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木一史, 燈明泰成
2. 発表標題 単一毛髪の引張と曲げ変形に対する構造弾性率の比較【独創研究学生賞受賞】
3. 学会等名 日本機械学会東北支部 第56期総会・講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 燈明泰成
2. 発表標題 金属微細材料の接合と改質について
3. 学会等名 溶接学会 第131回マイクロ接合研究委員会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 燈明泰成
2. 発表標題 毛髪と爪の力学的・幾何学的研究について
3. 学会等名 日本機械学会東北支部 東北WEBセミナー第2回「生体・有機材料の構造とメカニクス研究最前線」（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Tohmyoh, K. Fujita, H. Suzuki
2. 発表標題 On the Bending Tests of a Single Human Hair to Accurately Determine Its Deformability
3. 学会等名 13th International Conference on the Mechanical Behaviour of Materials (ICM13) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 燈明 泰成
2. 発表標題 日常の生活環境での利用を想定した薄板型熱発電機の開発状況について
3. 学会等名 第9回磁気センサの高機能とシステム化調査専門委員会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Tohmyoh, S. Terashima, M. Ito
2. 発表標題 An Acoustic Resonant Thermometry for Monitoring the Water Temperature
3. 学会等名 8th International Conference on Mechanics and Materials in Design (M2D 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Fujita, H. Tohmyoh
2. 発表標題 Development of a Tensile Testing Apparatus for Human Hair
3. 学会等名 International Conference on Advanced Technology in Experimental Mechanics 2019 (ATEM'19) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Tohmyoh
2. 発表標題 On the Bending and Tensile Tests of a Single Human Hair
3. 学会等名 The International Mechanical Engineering Congress and Exposition 2019 (IMECE2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤 真里, 燈明 泰成
2. 発表標題 音響共鳴現象を利用した超音波温度計測について
3. 学会等名 日本非破壊検査協会 2019年度秋季講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤田 賢人, 燈明 泰成
2. 発表標題 単一毛髪の引張試験について
3. 学会等名 日本非破壊検査協会 2019年度秋季講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Sasaki, H. Tohmyoh
2. 発表標題 Investigation of Corrosion Speed of Ag Film Line in Atmosphere by Electrical Resistance Technique
3. 学会等名 8th International Conference of Asian Society for Precision Engineering and Nanotechnology (ASPEN2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 L. Thomas, 燈明 泰成
2. 発表標題 ストレスマイグレーションを活用したAIウイスカの作製とその電気的特性評価について
3. 学会等名 日本機械学会 第10回マイクロ・ナノ工学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 燈明 泰成
2. 発表標題 マイクロ・ナノ材料の接合・改質・評価
3. 学会等名 日本機械学会 第10回マイクロ・ナノ工学シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 神保 卓也, 燈明 泰成
2. 発表標題 ジュール熱を用いた銅マイクロ細線の接合について
3. 学会等名 日本機械学会 第27回機械材料・材料加工技術講演会 (M&P2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 燈明 泰成, 藤田 賢人
2. 発表標題 単一毛髪の引張と曲げに対する変形能の相違について
3. 学会等名 日本機械学会 第32回バイオエンジニアリング講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 燈明 泰成, 寺嶋 脩
2. 発表標題 薄層と接する水の温度と音圧反射率の関係について
3. 学会等名 日本機械学会 第26 回機械材料・材料加工技術講演会 (M&P2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 仰木 直人, 燈明 泰成
2. 発表標題 希少金属を用いない薄板型熱発電機の熱電性能について【若手優秀講演フェロー賞受賞】
3. 学会等名 日本機械学会 第26 回機械材料・材料加工技術講演会 (M&P2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 樋渡 恭平, 燈明 泰成
2. 発表標題 通電下の金属細線内部に形成される温度分布の推定について【部門一般表彰(優秀ポスター発表部門)受賞】
3. 学会等名 日本機械学会 第26 回機械材料・材料加工技術講演会 (M&P2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木 崇紘, 燈明 泰成
2. 発表標題 銀薄膜の集束イオンビームエッチング速度に及ぼす結晶粒界の密度の影響
3. 学会等名 日本機械学会 第26 回機械材料・材料加工技術講演会 (M&P2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 N. Ogi, H. Tohmyoh
2. 発表標題 Effect of Oxidation Temperature on the Thermoelectric Performance of the Plate-Type Thermoelectric Power Generator
3. 学会等名 31st International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 燈明 泰成, 寺嶋 脩
2. 発表標題 音響共鳴を利用した水温計測について
3. 学会等名 日本非破壊検査協会 平成30年度秋季講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Tohmyoh, K. Yamaguchi
2. 発表標題 On the Joule Heat Welding of Thin Wires Having Various Diameters
3. 学会等名 The 5th Asian Symposium on Material and Processing 2018 (ASPM2018)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
---------	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------