

令和 3 年 6 月 17 日現在

機関番号：34406

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2020

課題番号：16K06280

研究課題名(和文) 導電性高分子を用いたソフトアクチュエータの高機能化

研究課題名(英文) Development of high performance soft actuators based on conducting polymers

研究代表者

金藤 敬一 (Kaneto, Keiichi)

大阪工業大学・工学部・客員教授

研究者番号：70124766

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：柔軟に伸縮する人工筋肉(ソフトアクチュエータ)を、導電性高分子が電気化学的な酸化・還元によって伸縮する原理を用いて開発した。電流から注入されたイオン数、伸縮率よりその体積を求め、水和した各種イオンの大きさを評価した。収縮力は、高分子の弾性係数と等価で生体筋肉以上で、非線形な応答をすることを明らかにした。

人工筋肉を駆動するエネルギー源としてビタミンCおよび尿素などバイオ分子の電気化学反応に関する研究を行った。その結果、導電性高分子がアノード触媒として高い活性を示すことを見出した。この性質を利用した酸素ポンプ、ポリマーフィルムの酸素や燃料分子の透過係数の評価装置を考案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在、ロボットは人工知能によって高度な動きと知的な応対ができるようになり、将来、日常社会でも重要な役割をすると予想される。しかし、現在のロボットはモータと歯車によって駆動されており、人工筋肉の開発が期待されている。既に、機能材料による人工筋肉が研究されているが、まだ実現していない。本研究によって実用化に向けて課題が明らかとなった。

また、人工筋肉は事故で損傷した筋肉の代替、荷重労働を補助する駆動装置として需要が見込まれている。人工筋肉を体内で駆動するためにエネルギー源として、尿素などのバイオ燃料電池の高出力化が、導電性高分子を触媒に用いることによって可能となる。

研究成果の概要(英文)：Artificial muscles (flexible and soft actuators) have been developed using a principle that conducting polymers deform by electrochemical oxidation and reduction. The dimensions of solvated anions and cations, which are inserted in the polymer, are exactly evaluated from the current and magnitude of deformation. Contraction forces, which originate from the stiffness of polymer, are found to be larger than the skeletal muscle and behave nonlinearly. Electrochemical activities of biofuels, like vitamin C and urea are studied to utilize the energy for driving artificial muscles. It is found that conducting polymers demonstrate efficient and active for anode catalysts in the electrochemical reaction of biofuels. Utilizing these properties of conducting polymers, electrochemical devices like biofuel cells and oxygen pump and to evaluate permeability of oxygen and biomolecules in polymer films are proposed.

研究分野：電子工学、電気化学、高分子材料

キーワード：導電性高分子 人工筋肉 電気化学 ソフトアクチュエータ 酸素ポンプ ポリピロール 触媒 バイオ燃料電池

## 1. 研究開始当初の背景

科学技術が発達した現在でも、人工筋肉は未開発のデバイスである。ロボット業界では電気応答性ポリマー(EAP: Electro Active Polymer) によるソフトアクチュエータが注目されている。長田らが電解液中のハイドロゲルに電圧をかけて屈伸させたゲルバ[1]が世界的な先駆的研究である。同じ頃、小黒らはイオン交換膜の両面に金メッキをして、水中で電圧かけることによって屈伸するソフトアクチュエータを報告した[2]。金藤らは導電性高分子のポリアニリン(PANi)を電気化学的に酸化・還元することによって伸縮(電解伸縮)するソフトアクチュエータを作製した [3]。また、平井らはポリマーゲルに高電圧をかけることによって変形するゲルアクチュエータを提案した[4]。このようにソフトアクチュエータの研究の多くは日本の研究者によって始められた。更に、誘電体エラストマーやカーボンナノチューブなどがソフトアクチュエータの有力な候補として、実用化へ向け開発が進められている。これらはそれぞれ特徴があるが、応答速度、サイクル安定性、伸縮率、伸縮力、印加電圧などに問題があり、何れも実用化に至っていない。

導電性高分子によるソフトアクチュエータの研究は、研究代表者が 1993 年に MacDiarmid らと始めて以来、世界的な広がりで見られてきた。現在まで、図 1 に示すポリピロール(PPy)、ポリアニリン(PANi)、PEDOT/PSS など様々な導電性高分子によるソフトアクチュエータの研究が行われ、そのメカニズムが明らかになりつつある。伸縮は、酸化・還元に伴うイオンのドーピング・脱ドーピング、および  $\pi$  電子の非局在化による分子の形状変形による。TBABF<sub>4</sub> と安息香酸メチルの電解液で重合した PPy はスポンジ状で、伸縮率は最大 39%、収縮力 22 MPa、応答速度 1-2 秒が報告されている[5,6]。因みに骨格筋肉の伸縮率は約 25%、収縮力は約 0.4 MPa、応答速度は 0.1 秒程度である。

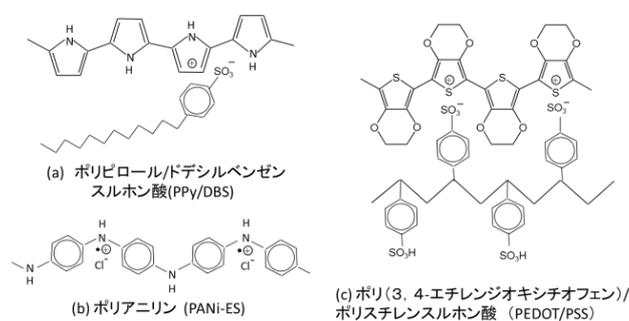


図 1 各種導電性高分子の化学構造

## 2. 研究の目的

本研究では導電性高分子によるソフトアクチュエータについて、これまでの研究成果を礎として、伸縮率や収縮力などの動作原理を詳細に検討し、実用化に向けて下記の項目について研究を行った。また、その駆動源としてバイオ燃料電池に関する研究を行った。

- (1) 伸縮率および収縮力を改善するため色々なイオン種の電解液を用いて、伸縮特性を測定し、伸縮と収縮力の起源を明らかにする。
- (2) 導電性高分子の酸化・還元による形状変化を詳細に調べることによって、電解液中あるいは導電性高分子内での水和イオン形状に関する知見を得る。
- (3) 張力負荷下で電気化学サイクルによるクリープ現象の解明と、それを活用した形状保持やトレーニング効果を新規な機能として提案する。
- (4) ソフトアクチュエータを体内で駆動する電源として、バイオ燃料電池に関する情報を収集する。
- (5) バイオ燃料電池を高出力化するための触媒を探索・開発する。
- (6) 燃料電池の機能を応用した電気化学デバイスを提案する。

## 3. 研究の方法

上記研究目的を達成するため、下記に箇条書きする方法によって研究を実施した。

- (1)各種導電性高分子フィルム合成

導電性高分子は図 1 に示すように主鎖の炭素間に結合交替を持つ一次元  $\pi$  電子共役ポリマーである。(a)のポリピロール(PPy)は、ピロールを電解重合によって強靱な薄膜として得られ、高い電導性(数百 S/cm)を示す。(b)に示すポリアニリン(PANI)はアニリンを酸性水溶液中で酸化剤を用いて重合した。得られた黒い粉末はエメラルディンソルト(Emeraldine ES)で高い電導性(数十 S/cm)を示す。アンモニア水で処理した塩基性のエメラルディンベース(EB)は NMP に溶け、これをキャストして乾燥させると赤銅色のフィルムが得られる。(c)のポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン)/ポリスチレンスルホン酸(PEDOT/PSS)のコロイド水溶液をガラス基板に塗布することで、高い電導性(1,000 S/cm)フィルムが得られる。

## (2)導電性高分子フィルムの電気化学的酸化・還元による伸縮

図 2(a)に示すように電解液中の導電性高分子(作用電極)にプラスの電圧を印加すると、酸化(アノード反応)が起こりポラロンあるいはバイポラロンなどの正の電荷担体が生成され、電導性が付与される。正電荷と同数の負イオンが電解液中から導電性高分子に注入され、その体積分が膨潤する。導電性高分子に反転した電圧を印加すると還元され(カソード反応)、負イオンは電解液中に吐き出されて収縮する。PPy/DBS では DBS が大きい分子であるため、還元によって脱ドーブされず、カチオンがドーブされ、その大きさを求めることができる。

導電性高分子フィルムを幅 1.0 mm、長さ 20-25 mm に切り出し、図 2(b)に示す装置の WE: 固定部と可動部の間に装着した。治具を各種の電解液に浸漬し、重りによって任意の荷重を加え、サイクリックボルタモグラム(CV)と同時にレーザー変位計により伸縮率(Strain)と収縮力を測定した。

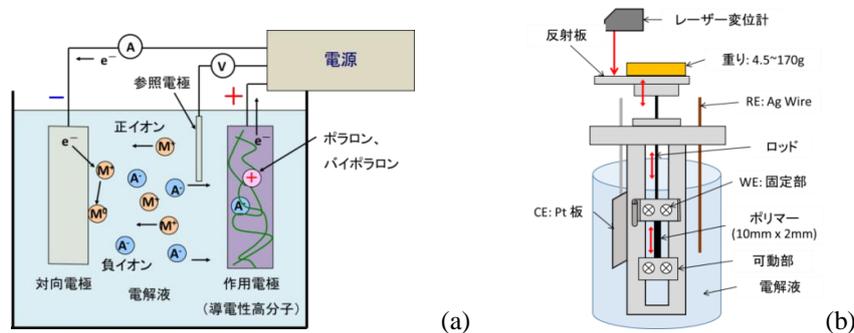


図 2 導電性高分子膜の(a)電気化学的酸化と、(b)電解伸縮率および収縮力の測定装置

## (3)バイオ燃料電池

図 3(a)に示すバイオ燃料電池を作製した。燃料は約 2mL/min の流量で循環し、大気は 100mL/min の風量でエアポンプにより供給した。図 3(b)は燃料電池の出力特性評価回路で、可変抵抗を変化させセル電圧( $E_{cell}$ )および電流( $i$ )を測定し、ポラリゼーション特性を求めた。

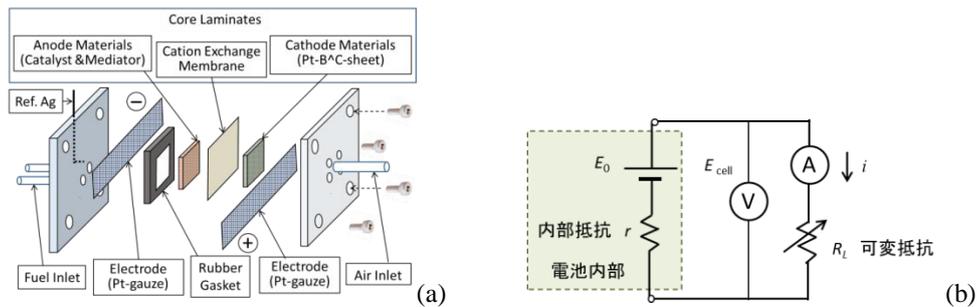


図 3 (a) バイオ燃料電池の構造, (b)出力特性の評価回路

## 4. 研究成果

### (1) 導電性高分子によるソフトアクチュエータの伸縮挙動を解明

図 4 に PPy フィルムを NaCl, NaBr, NaNO<sub>3</sub>, NaBF<sub>4</sub> および NaClO<sub>4</sub> の電解液中での Anion ドープの CV

と伸縮率 (Strain) を (a)、一方、PPy/DBS には LiCl, NaCl および KCl 水溶液を用いた Cation ドープの CV と伸縮率を(b)に示す。x印は走査開始、矢印は電位走査による応答方向を示す。

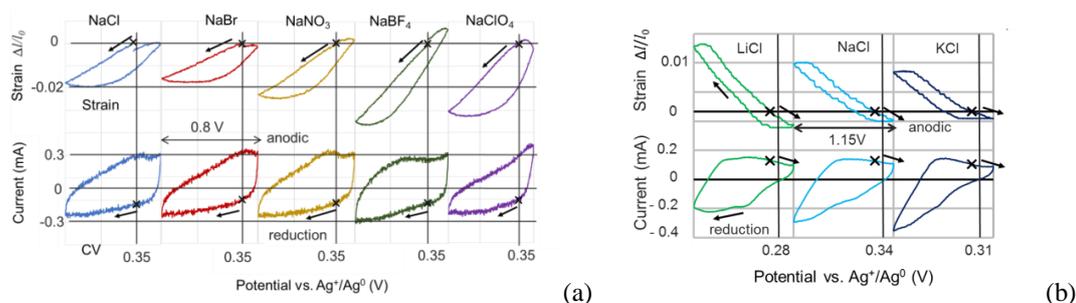


図4 PPy フィルムの各種電解液における CV と伸縮(Strain)挙動, (a) Anion ドープ および(b) Cation ドープ

CV の電流値を積分することによって注入電荷量( $n$ )、即ち、ドープされたイオンの数を求めることができ、更に、伸縮率( $\Delta l/l_0$ )より 3 次元的な等方変形を仮定することによって、ドープされたイオンの半径を求めた。その結果、導電性高分子内にドープされたイオンは、概ね結晶イオン半径より大きく、水和イオン半径に近いことが判った[7]。

### (2)導電性高分子ソフトアクチュエータのクリープ現象、収縮力の起源とメカニズム

PPy フィルムに 16.2 MPa の張力を印加し 2mV/s で酸化・還元を行うと、図 5 に示す不可逆的な伸びの (クリープ) が起こる。破線の傾きをクリープ係数  $C_{rate}(s^{-1})$  と定義した。クリープはソフトアクチュエータで必ず起こる致命的な問題であるが、きちんと研究されていない。PPy におけるクリープの張力依存性を図 6 に示すように、張力が大きくなればクリープも大きくなる。PPy の合成方法や電解重合に用いる塩によって、フィルムのモルフォロジーや架橋度が変わるため、クリープ係数はフィルムの作製方法に依存する。クリープ変形を抑制するには、架橋点を多くすればよいが、硬くなり伸縮率が低下するトレードオフの関係にあることが判った。図 5 の周期的な伸縮を伸縮率として、クリープを取り除いた伸縮率の張力依存性を図 7 に示す。これまで伸縮率は張力負荷に対して直線的に低下すると考えられていた。しかし、図 7 に示すように、張力負荷が大きくなっても伸縮率はあまり低下せず、ある張力以上で急激に低下することが判った。また、収縮力は導電性高分子の弾性係数と等価であることが判った[8]。これらは科学的に興味深い結果である。

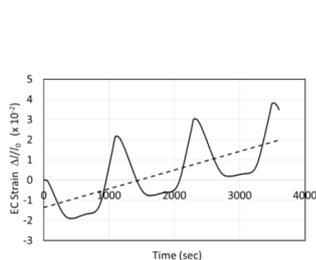


図5 クリープ現象.

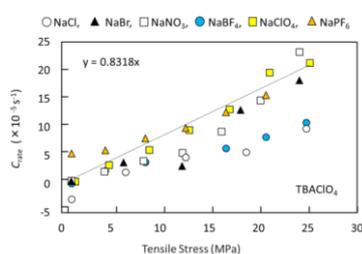


図6 クリープの張力依存性.

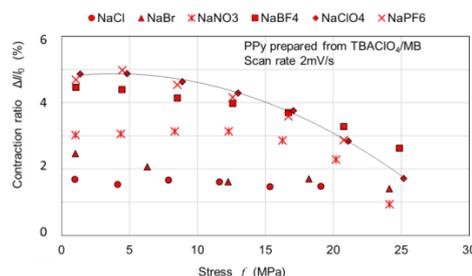


図7 クリープを除いた伸縮率の張力負荷依存性

### (3) 直接型バイオ燃料電池の高出力化に向けた触媒探索

燃料としてアスコルビン酸(AsA)に対する様々なアノード材料の触媒活性を示す燃料電池の出力特性を表 2 に示す。これらの結果から、PEDOT\*PSS と単層カーボンナノチューブの複合膜⑧ SWCNT@PEDOT\*PSS を触媒に用いたセルが最も高い出力を示すことが判った[9,10]。これは⑤白金黒 (Pt-B)の約 4 倍である。更に、尿素に対しては、図 8 に示すように、CuNi 織布に PEDOT\*PSS を塗布することによって、CuNi 織布のみの約 6 倍の触媒活性を示すことが判った[11]。複合膜における導電性高分子の役割は、導電性高分子が高い電子伝導を示すこと、および、塩構造であることから水和性を示し高いイオン透過性が付与されるためである。

表 2 AsA に対する各種アノード材料の触媒活性

Sample	Anode (mgcm <sup>-2</sup> )	E <sub>0</sub> (V)	P <sub>max</sub> (mWcm <sup>-2</sup> )	E <sub>max</sub> (V)	I <sub>max</sub> (mAcm <sup>-2</sup> )	σ (Scm <sup>-1</sup> )
①	SWCNT (0.5) alone	0.58	4.9	0.21	23	100
②	C-sheet^Graphene(5)	0.50	1.94	0.17	11.6	
③	C-sheet^C <sub>60</sub> (5)	0.49	1.35	0.14	10.5	
④	C-sheet^Vulcan (3)	0.58	3.7	0.18	20	
⑤	C-sheet^Pt-B(3)	0.50	2.8	0.17	17	
⑥	C-sheet alone	0.50	0.59	0.20	2.9	1300
⑦	PEDOT*PSS(2) alone	0.57	5.5	0.15	36	450
⑧	SWCNT@PEDOT*PSS(1)	0.59	10.3	0.17	60	700
⑨	Graphene(5)@PEDOT*PSS(2)	0.55	4.1	0.2	21	330
⑩	C <sub>60</sub> (5)@PEDOT*PSS(2)	0.58	2.4	0.16	15	0.2
⑪	C <sub>60</sub> (2)@PEDOT*PSS(2)	0.57	6.1	0.16	39	150
⑫	C <sub>60</sub> (0.5)@PEDOT*PSS(2)	0.55	5.5	0.14	39	170
⑬	Vulcan (3)@PEDOT*PSS(2)	0.56	5.9	0.15	35	
⑭	C-sheet^PEDOT*PSS(1)	0.55	4.0	0.14	28	

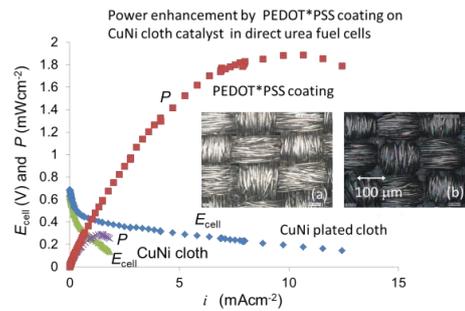


図 8 尿素燃料電池の出力特性

(4) 導電性高分子を触媒に用いたバイオ燃料電池と機能性電気化学デバイスの開発

燃料電池は、燃料の酸化反応をイオンと電子の移動経路に分け、電子の経路から直接電力として取り出すデバイスである。燃料と酸素の供給経路にバリアフィルムを設置して、燃料電池の短絡電流のレベルオフ値からバリアフィルムの燃料分子の拡散係数を求めた[12]。また、酸素の供給経路にバリアフィルムを置いて酸素の透過係数を評価した。特に、PEDOT\*PSS が電極触媒として高い活性を示すことを明らかにした。

更に、密閉容器を電気化学セルのカソードに接続することによって図 9 に示すプロトタイプのポータブル型酸素ポンプシステムを作製した[13,14]。カソード面積 7.2cm<sup>2</sup>のセルを用い、密閉容器の体積 200mL における脱酸素の酸素濃度と電流の時間依存性を図 10 に示す。この装置は食品の腐敗および酸化を防ぐ用途に利用できることを提案した。



図 9 ポータブル型電解酸素ポンプ

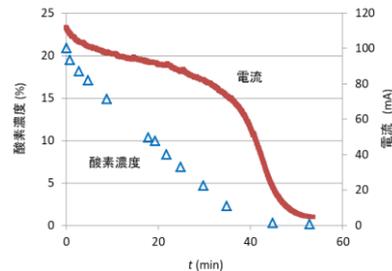


図 10 酸素ポンプによる脱酸素特性

<参考文献>

[1] 長田ら、*Nature*, **355**(1992) 242.  
 [2] 小黒ら、*J. Macromachine Soc.*, **5**(1992) 27.  
 [3] 金藤ら、*Synthetic Metals*, **71**(1995) 2211.  
 [4] 平井ら、*材料科学*, **32**(1995) 59.  
 [5] S. Hara et al., *Polym. J.* **36**(2004) 933.  
 [6] T. Zama et al., *Bull. Chem. Soc. Japan*, **78**(2005) 506.  
 [7] K. Kaneto et al., *J. Micromech. Microeng.*, **28** (2018) 054003.  
 [8] K. Kaneto et al., *Trans. Mat. Res. Soc. Japan*, **44** (2019) 79.  
 [9] K. Kaneto et al., *Chem. Lett.*, **48** (2019) 1533.  
 [10] K. Kaneto et al., *Chem. Lett.*, **49** (2020) 828.  
 [11] K. Kaneto et al., *MRS Comm.*, **9** (2019) 88.  
 [12] K. Kaneto et al., *Trans. Mat. Res. Soc. Japan*, **45** (2020) 131.  
 [13] K. Kaneto et al., *Chem. Lett.* **50** (2021) 342.  
 [14] 金藤ら、*大阪工大紀要*, **65**, No.2 (2020) 83.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Kaneto Keiichi, Nishikawa Mao, Uto Sadahito	4. 巻 48
2. 論文標題 Characteristics of Ascorbic Acid Fuel Cells Using SWCNT and PEDOT*PSS Composite Anodes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1533 ~ 1536
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.190689	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 Kaneto Keiichi, Nishikawa Mao, Uto Sadahito	4. 巻 9
2. 論文標題 Direct urea fuel cells based on CuNi-plated polymer cloth as a anode catalyst	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 MRS Communications	6. 最初と最後の頁 88 ~ 91
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1557/mrc.2018.235	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 Kaneto Keiichi, Hata Fumito, Uto Sadahito	4. 巻 44
2. 論文標題 Mechanisms of Contraction Force in Conducting Polymer Polypyrrole Softactuator	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Transactions of the Materials Research Society of Japan	6. 最初と最後の頁 79 ~ 84
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14723/tmrsj.44.79	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 Kaneto Keiichi, Nishikawa Mao, Uto Sadahito	4. 巻 64
2. 論文標題 SiC スポンジを集電極に用いたバイオ燃料電池	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 大阪工業大学紀要	6. 最初と最後の頁 43-47
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 無
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 Kaneto Keiichi	4. 巻 19
2. 論文標題 環境廃棄物を利用する直接型尿素燃料電池の開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 応用物理学会 有機ナノ界面制御素子研究会NICE	6. 最初と最後の頁 19-24
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 無
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 Kaneto Keiichi, Uto Sadahito	4. 巻 64
2. 論文標題 電気応答性導電性ポリマーによるソフトアクチュエータ	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 大阪工業大学 紀要	6. 最初と最後の頁 65-75
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 無
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 Preethichandra, D.M.G., Mala Ekanayake, E.M.I., Onoda, M., Kaneto, K.,	4. 巻 29
2. 論文標題 Performance Enhancement of Polypyrrole Based Nano-Biosensors by Different Enzyme Deposition Techniques	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Smart Sensors, Measurement and Instrumentation	6. 最初と最後の頁 213-229
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 該当する

1. 著者名 Keiichi Kaneto, Fumito Hata, Sadahito Uto	4. 巻 43
2. 論文標題 Relationship between Elasticity and Contraction Force in Conducting Polymer; Polyaniline Softactuator	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Transaction of the Materials Research Society of Japan	6. 最初と最後の頁 61-64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14723/tmrsj.43.61	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 金藤敬一、西川真央、宇戸禎仁	4. 巻 53
2. 論文標題 非常時用ウェアラブルポリマーバイオ燃料電池	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 加工技術	6. 最初と最後の頁 193-200
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 無
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 Sadahito Uto, Mao Nishikawa and Keiichi Kaneto	4. 巻 63
2. 論文標題 Biofuel Power Cells Using Conducting Polymer Catalyst	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Memoirs of Osaka Institute of Technology	6. 最初と最後の頁 1-6
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 Keiichi Kaneto, Mao Nishikawa, Sadahito Uto, and Toshiyuki Osawa	4. 巻 47
2. 論文標題 Direct urea fuel cells based on CuNi plated cloth as anode catalyst	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1285-1287
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 畑 文人、宇戸禎仁、金藤敬一	4. 巻 63
2. 論文標題 導電性高分子を用いたソフトアクチュエーターの伸縮メカニズム	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 大阪工業大学 紀要	6. 最初と最後の頁 1-7
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 Keiichi Kaneto, Mao Nishikawa, Sadahito Uto	4. 巻 9
2. 論文標題 Direct urea fuel cells based on CuNi-plated polymer cloth as anode catalyst	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 MRS Communications	6. 最初と最後の頁 88-91
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1557/mrc.2018.235	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 金藤 敬一	4. 巻 19
2. 論文標題 環境廃棄物を利用する直接型尿素燃料電池の開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 応用物理学会 有機ナノ界面制御素子研究会NICE	6. 最初と最後の頁 19-24
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 無
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 金藤敬一、西川真央、宇戸禎仁	4. 巻 62
2. 論文標題 導電性高分子が触媒するバイオ燃料電池の作製と発電特性	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 大阪工業大学 紀要	6. 最初と最後の頁 13-24
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 無
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 Kaneto Keiichi, Hata Fumito, Uto Sadahito	4. 巻 -
2. 論文標題 Estimation of ion dimension doped in conducting polymers electrochemically	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 MRS Advances	6. 最初と最後の頁 1~7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1557/adv.2017.639	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 Keiichi Kaneto, Fumito Hata, Sadahito Uto	4. 巻 28
2. 論文標題 Structure and size of ions electrochemically doped in conducting polymer	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Micromech. Microeng.	6. 最初と最後の頁 54003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6439/aaaef5	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 Keiichi Kaneto, Mao Nishikawa, and Sadahito Uto	4. 巻 99
2. 論文標題 Characterization of Catalytic Conducting Polymer Electrodes in Biofuel Devices	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 MRS Advances	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1557/adv.2018.240	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 Keiichi Kaneto, Fumito Hata and Sadahito Uto	4. 巻 43
2. 論文標題 Relationship between Elasticity and Contraction Force in Conducting Polymer; Polyaniline Softactuator	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Transaction of the Materials Research Society of Japan	6. 最初と最後の頁 61-64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14723/tmrsj.43.61	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21件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 金藤敬一
2. 発表標題 導電性ポリマーを用いたエネルギートランスデューサ
3. 学会等名 電子情報通信学会：基礎・境界ソサイエティ (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金藤敬一、西川真央、杉本和紀、宇戸禎仁
2. 発表標題 SWCNTを触媒に用いた高出力バイオ燃料電池
3. 学会等名 29th Annual Meeting of MRS-Japan
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金藤敬一、畑 文人、宇戸禎仁
2. 発表標題 導電性高分子における伸縮率の張力負荷依存性
3. 学会等名 29th Annual Meeting of MRS-Japan (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Keiichi Kaneto, Fumito Hata, Sadahito Uto
2. 発表標題 Electrochemical Strain under tensile Stress in Conducting Polymers
3. 学会等名 11th Annual Congress on Chemistry, Singapore, 12 Sept. 2018, (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keiichi Kaneto, Mao Nishikawa, Sadahito Uto
2. 発表標題 High Power Lemon Juice Biofuel Cells using Conducting Polymer Catalysts
3. 学会等名 11th Annual Congress on Chemistry, Singapore, 12 Sept. 2018, (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 K. Kaneto, M. Nishikawa, S. Uto
2 . 発表標題 Direct Urea Fuel Cells Based on CuNi Plated Polymer Cloth as Anode Catalyst
3 . 学会等名 MRS Fall 2018, Boston, USA, Nov. 26 (ET07.03.14). (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 K. Kaneto, F. Hata, S. Uto
2 . 発表標題 Origin of Contraction Force in Artificial Muscle Based on Conducting Polymers
3 . 学会等名 MRS Fall 2018, Boston, USA, Nov. 28 (CM03.15.09) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 K. Kaneto, M. Nishikawa, S. Tanaka, S. Uto, T. Osawa
2 . 発表標題 Direct Urea Fuel Cells Using PEDOT*PSS Catalyst on CuNi plated Cloth Current Collector
3 . 学会等名 28th Annual Meeting of MRS-J、北九州市 (F5-018-007)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 M. Nishikawa, S. Tanaka, S. Uto, K. Kaneto
2 . 発表標題 Direct Biofuel Cells Based on CuNi Plated Cloth and Conducting Polymers
3 . 学会等名 28th Annual Meeting of MRS-J、北九州市 (F5-018-008)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 F. Hata, S. Uto, K. Kaneto
2. 発表標題 Direct Biofuel Cells Based on CuNi Plated Cloth and Conducting Polymers
3. 学会等名 28th Annual Meeting of MRS-J、北九州市 (F5-018-010)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Kaneto, F. Hata, S. Uto
2. 発表標題 Mechanism of Contraction Force in Conducting Polymer Softactuators
3. 学会等名 28th Annual Meeting of MRS-J、北九州市 (F5-118-001) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 21. 金藤敬一、西川真央、宇戸禎仁
2. 発表標題 導電性高分子を触媒に用いたバイオ燃料電池
3. 学会等名 高分子学会 12 - 2 有機エレクトロニクス研究会 12月21日
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keiichi Kaneto, Hiroki Takahashi, Fumito Hata, Sadahito Uto
2. 発表標題 Characteristics of Biofuel Cells using Conducting Polymers for Catalysis
3. 学会等名 IUMRS-ICAM 2017 (A7-028-003) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Fumito Hata, Hiroki Takahashi, Sadahito Uto, Keiichi Kaneto
2. 発表標題 Electrolyte Dependence of Strain in Polypyrrole Softactuators
3. 学会等名 IUMRS-ICAM (B3-029 -007) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Keiichi Kaneto, Fumito Hata, Sadahito Uto
2. 発表標題 Estimation of Ion Dimension Doped in Conducting Polymers Electrochemically
3. 学会等名 IUMRS-ICAM (B3-029 -007) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Kaneto, F. Hata, S. Uto
2. 発表標題 Estimation of Ion Dimension Doped in Conducting Polymers Electrochemically
3. 学会等名 MRS Fall Meeting 2017, Boston, USA (BM09.08.06) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Kaneto, M. Nishikawa, S. Uto
2. 発表標題 Catalytic Conducting Polymer Electrodes in Biofuel Devices
3. 学会等名 MRS Fall Meeting 2017, Boston, USA (ES04.22.02) Oral (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 金藤敬一、畑 文人、山下友梨
2. 発表標題 電気化学的にドーピングした導電性高分子内のイオンの構造とサイズの評価
3. 学会等名 MRS-J 2017 横浜市開港記念会館 (G-16-001) (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 金藤敬一、畑文人、高橋寛樹、生駒幸子、宇戸禎仁
2. 発表標題 導電性高分子の電解伸縮
3. 学会等名 第26回日本MRS年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 金藤敬一、西川知伽、稲家祐一、宇戸禎仁
2. 発表標題 導電性高分子を用いたバイオデバイス
3. 学会等名 第26回日本MRS年次大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 畑 文人、宇戸 禎仁、金藤 敬一
2. 発表標題 導電性高分子人工筋肉における伸縮率の電解質依存性
3. 学会等名 第26回日本MRS年次大会
4. 発表年 2016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
研究 分担 者	宇戸 禎仁  (Uto Sadahito)  (20298798)	大阪工業大学・工学部・教授    (34406)	

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