

東電記念財団ニュース

No.53 2020.8 発行

公益財団法人東電記念財団

TEPCO Memorial Foundation

〒100-0006 東京都千代田区有楽町1-7-1

有楽町電気ビル北館12階

Tel: 03-3201-2659 Fax: 03-3201-8630

tmfinfo@tmf-zaidan.or.jp

<https://www.tmf-zaidan.or.jp>

◇新理事長就任のご挨拶



このたび当財団の理事長に就任いたしました山口博でございます。

日頃より、当財団の業務運営に関しまして、ご理解ならびにご支援を賜り厚く御礼申し上げます。

新型コロナウイルスの感染拡大は、当初の想像をはるかに超える事態に進展し世界に非常に大きな衝撃を与えています。世界は感染拡大防止と社会経済活動の両立という極めて難しい課題を突き付けられています。

これまで、日本は重症化に至るケースは低い水準に抑え込まれていますが、至近では、感染再拡大の傾向にあり、第2波への備えとともに、一刻も早く有効な治療薬とワクチンが開発されることが待ち望まれます。

コロナ禍と自然災害との違いは、終息までの時間が非常に長いこと、空間的な広がりも全国・世界規模と非常に広いこと、「3密」を回避するため“行動が制約される”ことなどです。これらのことが、企業行動や個人生活のスタイルを変えていくなかで、私達は、転換期を迎えている電気・エネルギー分野の構造的な課題を、新たな制約条件の下で、スピード感をもって解決していくことが求められていると受け止めています。

逆境や厳しい制約が、新たな発明、新たな方法論などを生み出してきた実績は枚挙に暇がありません。地球環境問題、コロナ禍など厳しい制約条件が、電気・エネルギー分野におけるイノベーションを更に進展させるものと考えます。当財団としましても、「制約が生むイノベーション」を後押しして参る所存です。

さて、2019年度は、基礎研究8件、一般研究14件、国際技術交流22件、奨学金給付5名を採択いたしました。おかげさまで前年度とほぼ同じ件数を採択することができました。基礎研究への助成のテーマは、次世代型電力システムのモデリング、革新的な機能性材料の開発、水素生成技術、フレキシブル・デバイスの開発等で、研究者の独創的な発想に基づく夢の具現化を支援いたします。なお、基礎研究について2019年度が最終年度となる助成者のうち、著しい成果をあげられた大阪府立大学の竹井邦晴先生の研究内容を本ニュースの「研究室便り」に記載しましたので、ご覧いただければ幸いです。

国際会議への出張を支援する国際技術交流では、一部の国際会議がオンライン開催となるなど、渡航を伴わない交流事例が出てきております。新たな国際交流の在り方を模索しながら対応して参ります。

こうした新たな状況に適切に対処しつつ、引き続き事業活動を着実に進め、一層の社会貢献に邁進する所存でございます。

何卒ご指導・ご鞭撻を賜りますよう宜しくお願い申し上げます。

◇研究室便り

「ナノ材料を駆使した曲げられる電子デバイス」

2016 年度研究助成（基礎研究）採択 大阪府立大学教授 竹井邦晴

皆さんは電子機器と聞くと、硬くて折り曲げると壊れてしまうというイメージをお持ちかと思います。これは電子機器が主に無機材料の結晶を用いて作製されており、曲げると割れてしまうためです。この『硬い』という理由により、測定対象は硬く平面なものがほとんどでした。しかし近年、全てのモノがインターネットに接続される時代が到来し、様々なセンサや電子機器を曲面や柔らかい物体にも設置したいという要望が出始めてきています。その解決策として曲げることができる電子機器（フレキシブルデバイス）の研究開発が国内外で盛んに進められています。私たちのグループでも、材料や構造を工夫することでフレキシブルデバイスの開発を進めてきました。その中でも本稿では、東電記念財団から助成を受け開発を行っている①健康管理を目指した汗の高感度 pH センサと②植物と環境の常時モニタリングを目指した様々な機能を搭載したフレキシブルセンサについて紹介します。

まず初めに汗の pH センサについて説明します。私たちのグループでは、これまでにポリイミドと言われる柔らかいフィルム上に無機材料で知られる InGaZnO（酸化物半導体）を数十ナノメートル（nm： 10^{-9} m）といった極薄膜で形成することでトランジスタを形成する技術を開発してきました。無機材料ということで硬い材料ですが、極薄膜にすることで私たちの生活に必要とする曲げ量に対しては割れません。その理由はアルミ金属をイメージして頂ければわかるかと思います。厚さ数 cm のアルミ板を曲げるのは大変ですが、非常に薄いアルミ箔は曲げても割れないことはご家庭で経験されているかと思います。これは材料の厚さと曲げ時に生じる歪み量の関係に起因しています。これと同じ原理で InGaZnO を極薄膜で形成することで曲げても大丈夫なトランジスタを作製できます。このフレキシブルトランジスタの構造を工夫することで、溶液中の pH 値（水素イオン H^+ ）を計測する高感度フレキシブル pH センサを開発しました。pH センサでは、ネルンストの法則と言われる電気化学の原理があり、室温で 1pH 当たり約 60mV しか変化しないと言われています。この変化量を増幅させることで精度高く pH 値やその他の化学物質の計測を実現することを新たに提案しました。測定原理は半導体物理を理解していないと難しいのですが、例としてバケツリレーを用いて簡単に説明します。まず pH 値や溶液中の化学物質によってバケツの大きさが変わります。このバケツの大きさが上述したネルンストの法則で決まります。このバケツを用いて繰り返しバケツリレーし、水（電子）を運んでいきます。そして運ばれた電子を池（コンデンサ）に溜めていくことで、pH 値に応じて出力電圧差が大きくなっていきます。このバケツリレーを電荷転送技術と呼びます。本原理を実現するトランジスタ構造をフレキシブルフィルム上で作製しました。作製にあたっては一般的な半導

体プロセスである高温プロセスを適用することができないため、構造を大きく変更・改良しました。この構造と作製プロセスが本研究の肝になります。従来の電荷転送技術では pn 接合と呼ばれる構造を半

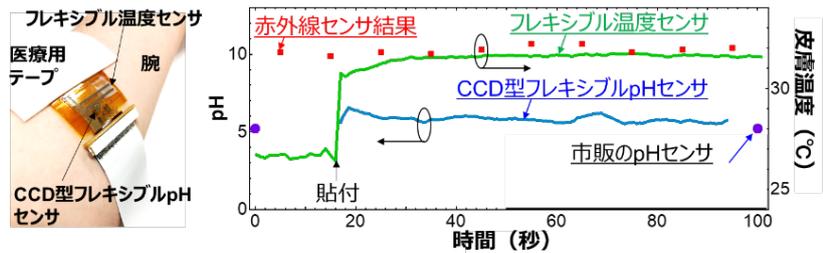


図 1 フレキシブル pH センサと温度センサを集積したセンサシートによる汗の pH と皮膚温度の連続計測結果

導体内に形成する必要がありましたが、pn 接合の代わりにショットキー接合（半導体と金属の接合）を外部電界で自由自在に制御する構造を提案することで、疑似的な pn 接合を実現しました。また電荷転送をスムーズに行うためには外部電界用のゲート電極を多層に形成する必要があり、そのプロセス開発は非常に苦労したところです。作製したフレキシブル pH センサに、フレキシブル温度センサ（これも本グループで独自開発したものです）を搭載し、実際に人に貼付することで皮膚温度と汗の pH の常時計測を行いました（図 1）。センサは機械的柔軟性を有しているため図 1 の写真のように人の腕に絆創膏のように貼ることができます。今回は上述した電子のバケツリレーを 1 秒間に 100 回繰り返し実施することで pH の感度を約 240 mV/pH まで増幅させることができました。そして汗の pH を連続計測することも可能になっています。さらに温度センサを搭載することで、皮膚温度の常時計測を汗の pH と共に計測することができました。この温度と pH 値は市販のセンサとほとんど同じ値であることを確認しています。またこの他にも心電図、呼吸数、さらには汗中のグルコース濃度等の計測も可能になりつつあり、今まで計測が困難であった多種バイタル信号を日常生活において計測することが近い将来できるかもしれません。そして本データを沢山収集し統計解析・深層学習などを行うことで、未病の発見や予防医療が可能になることを夢見ています。そうすることで、『もう少し早く病院に行っていれば・・・』といったことが無くなる安全で安心な社会が構築できるのではと思っています。

次に、人の健康管理ではなく、植物やその環境の常時計測を目指したフレキシブルセン

サの開発を行いました。特徴は柔らかく非常に軽量であることです。これを実現することで図 2 の写真に示すように葉表面にセンサを貼ることができます。本研究では、フレキシブル湿度センサと光センサを新たに開発しま

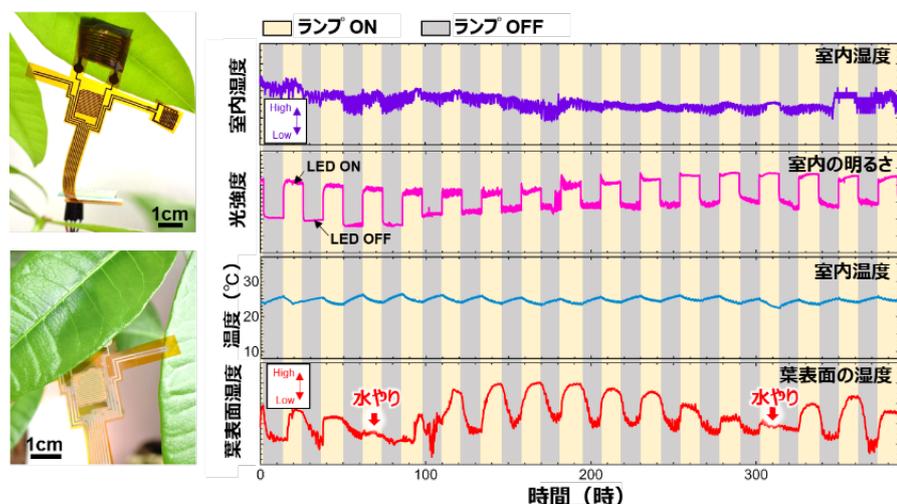


図 2 湿度センサ、光センサ、温度センサ集積センサシートによる植物と室内環境計測結果

した。両センサ共に、センサ材料として溶液形成可能な ZnIn_2S_4 (ZIS) ナノシートを多層に堆積させることで作製しました。両センサに同じ材料を用いていますが電極材料を変えることで湿度と光の選択性を持たせ、さらに光センサには湿度を通さないフィルムをラミネートすることで湿度と光をそれぞれ正確に計測できるように工夫しました。植物の葉表面の気孔からの蒸散による湿度変化と同時に、室内の湿度、人工ライト、室内の温度（エアコンで一定に調整）を同時に計測するために、プラスチックフィルム上に湿度センサ 2 個、温度センサ、光センサを集積させました。その結果を図 2 右に示します。約 15 日間、12 時間毎に人工ライトを ON、OFF させ、昼と夜の状態を作り計測しました。その時の室内の湿度と温度はほぼ一定に維持されています。それに対して葉表面の湿度は、昼間に高くなり、夜には低くなる傾向が観察できました。これは光合成によるものであると考えられます。しかし、約 9 日間、水を与えないでいると葉表面からの蒸散がなくなり、センサの湿度変化がほぼなくなるという結果が観察されました。その後、植物に水を与えるとまた蒸散による湿度変化が現れ始めます。本原因を解析するにはもう少し詳細な解析が必要ですが、恐らく植物の水分が無くなってしまったことが要因（人と言う脱水症状みみたいな状態）であると考えられます。

以上のように、私たちのグループでは財団からの助成を受けながら様々な可能性を視野にいれ日々新しいセンサや電子機器の開発を行っております。またセンサの材料や特性を解析するだけでなく、応用展開として簡単なデモを行うことでそのセンサの可能性を示すことを目指しています。近い将来、このようなフレキシブルセンサが世の中の役に立てることを夢見て研究開発を進めています。今後、健康管理や医療応用などでは皆様のご協力が必要になることが多々あるかと思えます。その際は、是非ご協力をお願いいたします。最後に、本研究を遂行するにあたり協力頂いた共同研究者及び学生に感謝の意を示します。また東電記念財団及び JST さきがけ研究、科研費の援助により実施することができた研究成果であり、ここに謝辞として示させていただきます。

本助成による主な業績

1. M. Shiomi *et al.*, “Graphene and carbon nanotube heterojunction transistors with individual gate control”, **ACS Nano**, Vol. 13, pp. 4771-4777, 2019.
2. S. Nakata *et al.*, “A wearable pH sensor with high sensitivity based on a flexible charge-coupled device”, **Nature Electronics**, Vol. 1, pp. 596-603, 2018.
3. S. Honda *et al.*, “Detachable flexible ISFET-based pH sensor array with a flexible connector”, **Advanced Electronic Materials**, in press, 2020 (DOI: 10.1002/aelm.202000583).
4. Y. Lu *et al.*, “Multimodal plant healthcare flexible sensor system”, **ACS Nano**, in press, 2020 (DOI: 10.1021/acsnano.0c03757).

◇2019年度採択実績

2019年度の新規採択実績は、以下の通りです。(採択額合計 100,100,000円)

- ・研究助成(基礎研究) : 8件…………… 総額 75,000,000円
- ・研究助成(一般研究) : 14件…………… 総額 14,000,000円
- ・国際技術交流援助 : 22件…………… 総額 4,200,000円
- ・奨学金給付 : 5件…………… 総額 6,900,000円

◇2019年度研究助成(基礎研究)採択者

氏名・採択時所属 (敬称略50音順)			研究題目	研究期間	助成総額
石崎孝幸	東京工業大学	助教	再生可能エネルギーの基幹電源化に向けたデータ適応型分散制御系のモジュラ設計	3年	980万円
伊藤良一	筑波大学	准教授	耐腐食能力と階層構造を持った卑金属電極を用いたPEM型水電解セルの開発	2年	1,000万円
川脇徳久	東京理科大学	助教	貴金属クラスターを用いた水分解水素生成反応の高効率化	2年	1,000万円
都甲 薫	筑波大学	准教授	高移動度IV族半導体をベースとした高速フレキシブル・トランジスタの開発	3年	1,000万円
西原洋知	東北大学	准教授	柔軟なグラフェン多孔体による発電デバイスの開発	2年	800万円
服部 梓	大阪大学	准教授	立体ナノ構造化による相転移の巨大・高速電界制御	2年	1,000万円
Pellegrini Marco	東京大学	特任助教	直接接触凝縮の制御によるエネルギーシステムの展開	3年	820万円
正井 宏	東京大学	助教	身の回りの機能性材料に光加工性を付与するデュアルアクティベーション技術の開発	2年	900万円

◇2019年度研究助成(一般研究)採択者

氏名・採択時所属 (敬称略50音順)			研究題目	研究期間	助成総額
網代広治	奈良先端科学技術大学院大学	教授	交互積層薄膜とマンニトール微粒子による高効率蓄熱材料の創製	2年	100万円
内田さやか	東京大学	准教授	無機イオン結晶に内包された単分子ポリマーによる高速プロトン輸送	2年	100万円
加藤雅之	茨城大学	助教	非線形インダクタンス特性を利用した磁気エネルギー局在機構および移動機構の設計と新原理モータへの応用	1年	100万円
岸本将史	京都大学	特定助教	リーバシブル固体酸化物形セルの発電・電解特性の非対称性に関する基礎検討	1年	100万円
作間啓太	成蹊大学	助教	NMRピックアップコイルへの応用に向けたREBa2Cu307薄膜のナノ組織制御	1年	100万円
鈴木 肇	京都大学	助教	マイクロ波分光を用いた酸ハロゲン化物光触媒の高性能化と設計指針の確立	1年	100万円

氏名・採択時所属 (敬称略 50 音順)			研究題目	研究期間	助成総額
砂田祐輔	東京大学	准教授	普遍金属とケイ素の複合型触媒による安価な水素貯蔵・運搬法の開発	1年	100万円
高橋綱己	九州大学	特任准教授	酸化物ナノ界面設計による低エネルギー・高信頼分子センサの創製	1年	100万円
中川雄介	首都大学東京	助教	バイオエタノール高速生成を目的とした水中放電衝撃波による糖化前処理	1年	100万円
西村昂人	立命館大学	助教	急速冷却技術を用いた解析による半導体薄膜材料の高品質化と太陽電池への応用	2年	100万円
引間和浩	豊橋技術科学大学	助教	硫化物全固体電池の反応解析に向けた、液相法による固体電解質支持型電池の創製	2年	100万円
星野 光	兵庫県立大学	助教	需要家側における分散型エネルギー源の導入に係る費用構造の分析手法の開発	1年	100万円
山田晋也	大阪大学	助教	高熱電性能 Fe 系ホイスラー合金薄膜の創製と薄膜熱電変換素子への応用	1年	100万円
山本 孟	東北大学	助教	岡山県布賀鉍山産ホウ酸塩鉍物に注目した新規非鉛強誘電体の探索	1年	100万円

◇2019年度国際技術交流援助採択者

氏名・採択時所属 (敬称略50音順)			渡航件名 (上期)	渡航先	援助額
大井 梓	東京工業大学	助教	第 236 回 ECS 会議	アメリカ	20万円
楠見隆行	岡山大学	博士後期課程 3年	エネルギーに関する会議	アメリカ	20万円
小出浩明	北海道大学	修士 1年	スウェーデン王立工科大学滞在研究	スウェーデン	20万円
齋藤勇士	東北大学	助教	第 55 回 AIAA/SAE/ASEE 合同推進会議	アメリカ	20万円
佐々木優介*	茨城大学	修士 1年	国際通信エネルギー会議	シンガポール	10万円
滝本大裕	信州大学	助教	第 236 回電気化学会大会	アメリカ	20万円
田中麻理菜	九州工業大学	修士 2年	第 21 回 高電圧工学に関する国際シンポジウム	ハンガリー	20万円
田原大祐	京都工芸繊維大学	博士後期課程 3年	酸化ガリウムおよび関連材料に関する国際ワークショップ	アメリカ	20万円
辻 流輝	兵庫県立大学	修士 2年	第 10 回電気化学電源会議	台湾	10万円
時田圭一郎	東京大学	修士 1年	IEEE IES ソサイエティ第 45 回年次会議	ポルトガル	20万円
中根龍一	名古屋大学	博士後期課程 1年	第 21 回 国際高電圧技術シンポジウム	ハンガリー	20万円
村田博雅	筑波大学	博士後期課程 2年	ヨーロッパ材料研究会	ポースランド	20万円
村本武司	東京工業大学	博士後期課程 2年	第 11 回臨界安全に関する国際会議	フランス	20万円

氏名・採択時所属 (敬称略50音順)			渡航件名 (上期)	渡航先	援助額
山下裕介	東京大学	博士後期課程 1年	第 36 回国際電気推進学会	オーストリア	20 万円
結城光平	東北大学	博士後期課程 1年	2019 年度超電導応用欧州学会	スコットランド*	20 万円
氏名・採択時所属 (敬称略50音順)			渡航件名 (下期)	渡航先	援助額
秋元祐太郎*	小山工業高等専門学校	助教	持続・再生可能エネルギー工学に関する国際会議	フランス	20 万円
今城利文*	筑波大学	博士後期課程 1年	ヨーロッパ材料研究会	フランス	20 万円
小林祐生*	慶應義塾大学	博士後期課程 1年	第 11 回リキッドマターカンファレンス 2020	チェコ	20 万円
小森太郎*	筑波大学	博士後期課程 1年	The International Magnetics Conference	カナダ*	20 万円
武内裕香*	室蘭工業大学	助教	IEEE 国際磁気会議	カナダ*	20 万円
中野裕介*	金沢大学	助教	真空中の放電および電気絶縁に関する国際シンポジウム	イタリア	20 万円
濱田俊之*	宇部工業高等専門学校	准教授	第 47 回 IEEE 太陽光発電スペシャリスト会議	カナダ*	20 万円

*COVID-19 の影響等により、採択後中止

◇2019 年度奨学金給付採択者

氏名 (敬称略50音順)	所 属 (給付開始時)	月額	給付期間
新田悠汰	京都工芸繊維大学 大学院工芸科学研究科電子システム工学専攻 博士後期課程 1年	5 万円	36 ヶ月
小野祐耶	東北大学 大学院工学研究科化学工学専攻 博士後期課程 2年	5 万円	24 ヶ月
鍛冶秀伍	奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科先端科学技術専攻 博士後期課程 2年	5 万円	24 ヶ月
前川啓一郎	豊橋技術科学大学 工学研究科電気・電子情報工学専攻 博士後期課程 1年	5 万円	36 ヶ月
渡邊拓実	千葉大学 大学院融合理工学府先進理化学専攻 博士後期課程 2年	5 万円	18 ヶ月

◇2020 年成果報告会・贈呈式中止のお知らせ

当財団では、毎年 4 月に基礎研究で著しい成果を出された方による成果報告会ならびに採択者の皆様をお迎えしての贈呈式を開催しておりますが、この度の新型コロナウイルス感染拡大防止の観点により、誠に残念ながら 2020 年は中止させて頂くことになりました。この状況が少しでも早く収束し、また皆様にご出席頂ける日が来ることを祈っております。

◇2020年度募集

2020年度の募集スケジュールは、以下のとおりです。詳細はホームページをご覧ください。

種 別	対 象	申込締切日
研究助成（基礎研究）	電気・エネルギー分野の若手研究者による独創的な基礎研究への助成	2020年9月30日（水）
国際技術交流援助下期（渡航・滞在）	研究成果発表や打ち合わせ等に伴う海外渡航・研究滞在	2021年1月31日（日）

※2020年度一般研究、奨学金および国際技術交流援助上期の募集については、既に終了しております。

◇2020年度役員・評議員・審査委員（50音順）

理 事 長	山口 博*	(一財)関東電気保安協会理事長
常 務 理 事	蘆立 修一*	(公財)東電記念財団(常勤)
理 事	小原 實	慶應義塾大学名誉教授
	西澤 俊夫	元東京電力(株)
	松本洋一郎	東京理科大学学長・東京大学名誉教授
	山口 学	(株)関電工特別顧問
	横山 明彦	東京大学大学院教授
監 事	武井 優*	元東京電力(株)副社長
	水嶋 利夫	元新日本有限責任監査法人理事長
評 議 員	伊賀 健一	東京工業大学名誉教授・元学長
	石塚 達郎	(株)日立製作所アドバイザー・(公財)日立財団理事長
	茅 陽一	(公財)地球環境産業技術研究機構理事長・東京大学名誉教授
	白土 良一	(一財)エネルギー総合工学研究所理事長
	藤嶋 昭	東京理科大学前学長名誉教授・東京大学名誉教授
	正田 英介	東京大学名誉教授・(公財)鉄道総合技術研究所前会長
	榎本 晃章	(一社)日本動力協会会長
審査委員長	篠崎 和夫	東京工業大学特命教授（名誉教授）
審査委員	大崎 博之	東京大学大学院新領域創成科学研究科研究科長 先端エネルギー工学専攻教授
	神成 文彦	慶應義塾大学理工学部電子工学科教授
	鈴木 啓介	東京工業大学理学院化学系化学コース教授
	瀬川 浩司	東京大学大学院総合文化研究科教授
	丸山 茂夫	東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻教授
	宮本 恭幸	東京工業大学工学院電気電子系電気電子コース教授
	若尾 真治	早稲田大学先進理工学部長・研究科長・理工学術院教授

*新任

お蔭様で、2019年度も沢山のご応募を頂きまして誠にありがとうございました。当財団は、この世界的に困難な状況に負けず、これからも応募者の皆様の研究環境を良く理解することに努め、更なる助成内容の充実を目指すべく努力して参りたいと存じます。今後ともご支援、ご鞭撻のほど宜しくお願い申し上げます。

公益財団法人東電記念財団 事務局