

東電記念財団ニュース

No.54 2021.8 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>

◇理事長からのご挨拶



日頃より、当財団の事業運営にご理解ならびにご支援を賜り厚く御礼申し上げます。

2020 年度は、新型コロナ禍により行動制約が多い状況下で、国際技術交流援助は渡航を伴わないオンラインでの交流が主となり、大幅に件数が減少し 7 件となりましたが、本援助以外はほぼ例年通り、基礎研究 7 件、一般研究 15 件、奨学金給付 5 件を採択することができました。また、2021 年度も、予定通り 4 月より研究助成の公募を開始することが

できました。これもひとえに、コロナ禍の大変厳しい経済状況の中にあっても、当財団の研究助成事業を深くご理解され、ご支援を賜った多くの法人の皆さまのお陰であり、心から感謝申し上げます。

さて、昨年 12 月に閣議決定された「カーボンニュートラル宣言に伴うグリーン成長戦略」は、電力部門の脱炭素化、電力部門以外は電化を中心に、熱需要には水素などの脱炭素燃料、加えて、化石燃料からの CO₂ の回収・再利用も活用していくなどエネルギーの需給構造のグリーン化とともに、グリーン成長には強靱なデジタルインフラが不可欠であり、エネルギーシステムのデジタル化が必須と指摘しています。脱炭素社会へ向けてグリーン成長を目指す我が国は、応用研究に加え、限りないポテンシャルを有する基礎研究により一層注力していく必要があります。

しかしながら、科学技術・学術政策研究所が、「研究予算のカット」、「資金を獲得しやすい研究テーマへの偏向」に起因し、「イノベーションの源となる基礎研究の多様性確保」が過去 5 ヶ年で大きく低下してきているとの調査結果を公表しているように、日本の科学分野の基礎研究が細ってきていることへの危機感が高まっています。これまで以上に、研究者の研究費面・処遇面での環境を支援していくことが求められており、世界トップレベルの若い研究者を輩出するためにも、我が国の民間研究助成財団の役割が益々重要性を増していると認識し取組みを強化して参ります。

具体的には、当財団では脱炭素イノベーションをもたらす基礎研究として、原理・技術の革新を目指す基礎研究とともに、新たな社会システムの構築を目指す統合型研究への助成に取り組んで参ります。また、アウトプットとなる研究成果の質の向上を目的に、採択された研究については、引き続き研究の節目毎に様々な分野でご活躍の著名な審査委員の先生方によるアドバイスを積極的に行って参ります。

一方、寄附に関する世界の潮流は、従来の寄附の枠組みを越え財団との共創を求める方向にあります。当財団でも、ご寄附をいただいております法人さまからのご意見・ご要望を踏まえながら、研究成果の共有や情報交換のあり方を見直し、共創のご期待に応えるべく、取り組んで参ります。

新型コロナウイルス感染拡大は、ワクチン接種が進む一方で、新たな変異株が見つかるなど終焉がまだ見通せない状況にあります。新型コロナウイルス感染拡大は、デジタル化により変革された働き方・仕事のやり方を新たな日常として定着させつつあります。

当財団では、研究助成の公募から審査・採択・贈呈・採択後のフォローまでの一連のプロセスのデジタル化を進めて参りましたが、引き続きアフターコロナを見据え、オンラインとリアルをうまく使い分けながら、事業を進めて参ります。

今後とも、ご指導・ご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。

◇研究室便り



「三次元分子の動きを利用した単分子有機圧電材料の創出」

2017年度研究助成(基礎研究)採択 京都大学・准教授 廣戸 聡

有機エレクトロニクス材料といえば、有機ELや有機太陽電池がまず思い浮かぶと思います。これらに主に用いられている有機化合物である π 共役分子は、その骨格構造・構成する元素によって性質が変化するため、うまくデザインすることで優れた発光特性や電気伝導性などの材料特性を創出できます。 π 共役分子は通常平面構造をとります。一

方、我々の研究室では平面ではなく、曲面構造をもつ π 共役分子に着目し、研究を行っています。曲面にすることで分子の裏表ができ、従来の平面 π 共役分子にはない構造的な性質が出てきます。例えば、螺旋構造をもつヘリセンは、巻方向だけが異なり、互いに重なり合えない二つの構造が存在できます(図1)。この鏡に映したよう

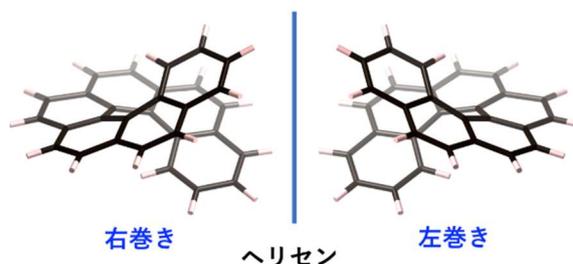


図1. 螺旋分子ヘリセンの構造

な関係をキラリティーとよび、この構造的な特徴から、ヘリセンは不斉合成の触媒や偏光の選択的吸収・発光という機能を示すことが知られています。このような特性から、曲面 π 共役分子を用いた新たな機能性材料の創出が期待されています。しかし、このような曲面構造の構築には、有機化合物の合成では通常用いられないような超高温条件や光照射条件が必須であり、大量合成が困難

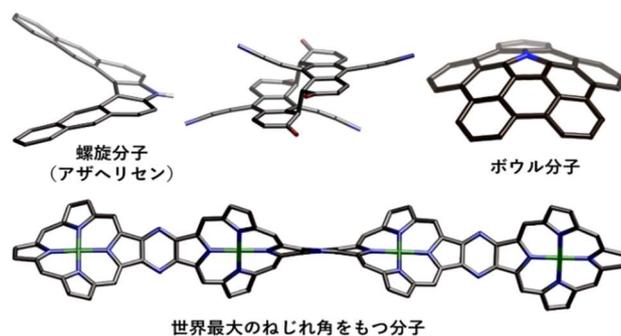


図 2. 我々が合成した曲面 π 共役分子

でした。一方、私たちはヘリセンを室温かつ短段階で合成できる手法の開発に成功し、これを利用して世界最大のねじれ構造を分子や世界初のボウル型分子の合成を報告しました(図2)。そこで現在、私たちは開発したこれらの分子を用いた新しい有機エレクトロニクス材料の創出を目指して研究を行っています。曲面をもつ分子は構造に歪みをもつため、わずかな刺激で構造および性質を変化させる性質があります。実際に、電気化学刺激や機械刺激で色を変化させる曲面 π 共役分子を報告しています。今回は私たちの研究のうち、独自に開発した螺旋分子である「アザヘリセン」を用いた圧電効果の創出を目指した研究について、得られた成果について紹介します。

圧電効果とは、物質に圧力をかけた際、物質内に分極の変化が起こり、それを起電力として電流を生じる現象です。このような圧電効果を示す材料は、PZT(チタン酸ジルコン酸鉛)に代表される無機物によるものが主流となっています。しかしながら、無機物による圧電材料は、優れた圧電特性を示すものの、毒性の懸念や加工性の問題があります。そこで、有機物による圧電材料の開発が期待されています。2013年に有機低分子(螺旋分子)の構造変化により無機物に匹敵する圧電効果が得られることが理論的に予測されました。しかし、未だ実証はされていません。1 nm程度の有機分子を思うままに配列し、動かす技術が欠けていることが主な理由です。私たちは最近、独自の分子であるアザヘリセンの選択的置換基変換法の開発に成功し、これを利用することで分子の光化学および電気化学特性だけでなく、その構造も緻密に制御できることを明らかにしました。この手法を元に、有機単分子による圧電効果の実験的な証明を目指しました。上記の論文では、螺旋分子が圧力を加えるとバネのように伸縮し、それに伴って分子の双極子モーメントの大きさが変化することで圧電効果が発現するとしています。しかし、螺旋分子が圧力で伸縮することやそれにより分極が変化するという実証すら研究開始当初はありませんでした。そこで、私たちはまずアザヘリセンを用いてこれらの現象を明らかにすることから始めました。

アザヘリセンは螺旋の内側にある置換基の立体反発によって螺旋構造を形作っています。すなわち、この置換基の大きさを変えることによって、螺旋のピッチ間の距離を変えられます。実際合成し、構造解析を行ったところ、置換基が小さくなると螺旋のピッチ間が短くなることが分か

りました。つまり、擬似的にこの螺旋分子を伸縮させた状態を作り出せることが分かりました。この技術を用いて、螺旋のピッチ間の変位が光化学測定により検出できることを明らかにしました(図3)。具体的には、酸化状態の吸収スペクトルが螺旋のピッチ間の距離に依存して変化することを見出し、理論計算によってこの現象が螺旋のピッチ間における空間的な軌道の重なりの変化が主な原因であることを突き止めました。この変化は電圧の印加によっても引き起こすことができます。この結果は、電気光化学測定という間接的な測定手法によって 1 nm 程度

の大きさの螺旋分子のピッチ間の変位、すなわち、螺旋分子の伸縮を検出できることを示しています。特に、この手法ではわずか 0.1 Å の違いという微小な変位も検出できることが分かりました。

次に、螺旋分子の配列について研究を進めました。圧力を加え、直接分子の構造に影響を及ぼすには固体である必要があります。固体中では有機分子は分子間の相互作用によって規則的に並んでいます。圧電効果を創出するためには、分子の双極子モーメントが同じ方向をもつように分子を配列しなければなりません。双極子モーメントをもつ分子を棒磁石だと考えてください。棒磁石を二つ反対向きに重ね合わせることはできますが、同じ向きには反発してうまく並べることができません。同じように、双極子モーメントをもつ有機分子は反対向き(反平行)に並ぶ方が安定であり、同じ向き(順平行)に並ぶためには何らかの工夫が必要となります。そもそも立体構造をもつ分子を空隙なく規則正しく並べること自体至難の業と言えます。それに対し今回、我々は大きな双極子モーメントをもつ螺旋分子の合成に成功し、さらに固体中での分子の配列を制御することに成功しました。まず、分子の螺旋構造の外側に電子豊富なもの、電子不足なものをそれぞれ付けた非対称な螺旋分子の合成に成功しました。合成した螺旋分子の双極子モーメントは光化学測定から算出し、最大で 12 Debye の双極子モーメントをもつことが分かりました。この値は、現在有機強誘電性体としてトップクラスの性能を示す有機分子であるクロコン酸(10 Debye)に匹敵する値であり、最大級の分極をもつ螺旋分子の合成に成功したと言えます。次に結晶中での分子配列を観察したところ、興味深いことが分かりました。まず、双極子モーメントの大きさが同じで置換基の異なる二つの螺旋分子について比較すると、片方は分子同士が順平行に、もう一方は反平行に並ぶことが分かりました。さらに、様々な非対称螺旋分子の構造解析から、特定の置換基をもつと必ず順平行に分子が並ぶことが分かりました。理論計算によってもこの構造が再現できたことから、偶然並んだのではなく、分子同士に働く相互作用

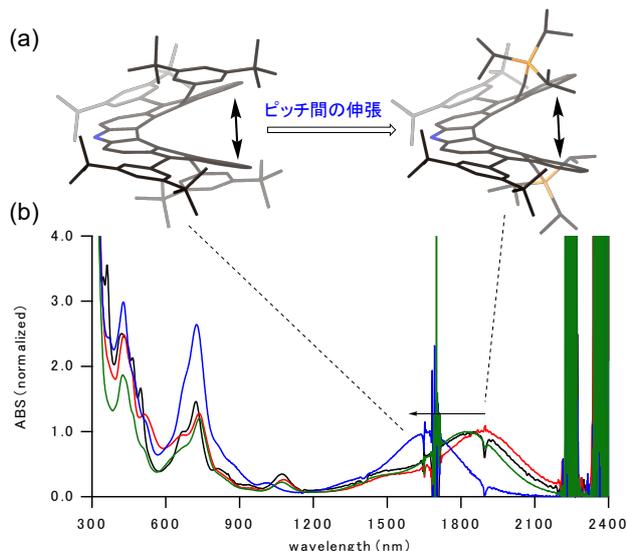


図3. (a) 合成したアザヘリセンの構造 (b) 酸化状態の吸収スペクトル

用によって配列していることが分かりました。螺旋分子は螺旋を巻く向きが異なる二つの構造が存在し、通常 1:1 の割合で混ざったラセミ体という状態で存在しています。このラセミ体では、結晶中で順平行に整列した分子の層が反対向きに積み重なる構造をしており、結果として固体全体としては双極子モー

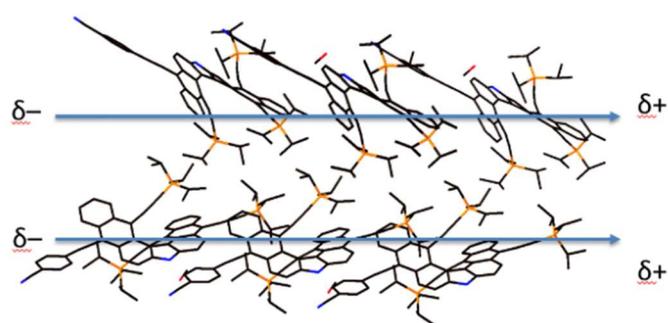


図 4. 結晶中における螺旋分子の配列

メントが 0 となる構造をしていました。一方の巻方向をもつ螺旋分子のみによる結晶を測定したところ、分子の層同士は同じ向きに積み重なり、結晶全体として双極子モーメントを維持する構造、すなわち自発分極構造をとることが分かりました(図4)。自発分極をもつ結晶は圧電特性および強誘電特性をもつ必要条件であり、螺旋分子において初めて構築に成功した例です。

圧電材料は振動発電の素子の一つとして開発が盛んに研究されています。振動発電は、単位面積当たりのエネルギー量が太陽光発電に準じ、暗所でも機能する相補的な環境発電機構として注目されています。特に最近では、微小機械 (MEMS) 技術の発達により、 $200 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ と屋内環境発電では太陽電池を凌駕する効率を示すようになってきています。さらに機構を微小化することで、太陽光発電に匹敵もしくは凌駕する、新たな環境発電として発展すると考えられます。現在取り組んでいる有機低分子は物質の最小単位であり、分子一つ一つが発電できればとてつもなく小さな、効率の良い電池ができるのではないかと夢見て現在も研究を進めているところです。最後に本研究は、東電記念財団助成金および科学研究費補助金の助成により遂行できたものであり、感謝申し上げます。また、本研究遂行に多大な貢献をしてくれた学生、共同研究者の皆様はこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

・キーワード 圧電材料・有機機能性材料・曲面分子

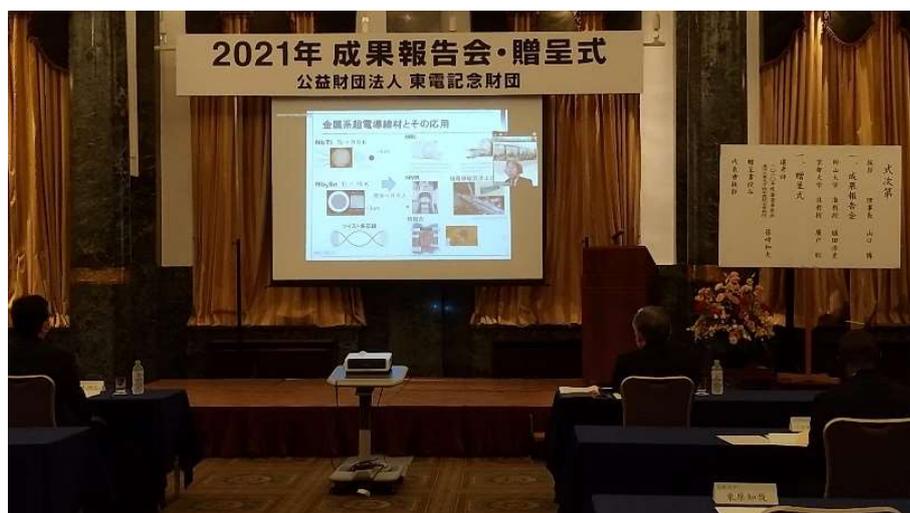
本助成による主な業績

1. M. Takeda et al. "Azabuckybowl-Based Molecular Tweezers as C_{60} and C_{70} Receptors" *J. Am. Chem. Soc.* 2018, *140*, 6336–6342.
2. A. Takiguchi, et al. "Synthesis of Dihydropyrazine-fused Porphyrin Dimers" *Chem. Lett.* 2019, *48*, 371–373.
3. A. Ushiyama, et al. "Regioselective desilylation of a π -extended aza[5]helicene" *Chem. Lett.* 2019, *48*, 1069–1072.
4. S. Hiroto, "Helical pitch dependent optical properties of π -extended aza[5]helicene radical cations" *Bull. Chem. Soc. Jpn.* 2020, *93*, 1334–1338.

◇2021年成果報告会・贈呈式

1. 日 時 2021年4月13日(火)15時～17時
2. 会 場 一般社団法人日本工業倶楽部 3階大ホール
3. プログラム

- (1)開会挨拶 理事長 山口 博
- (2)成果報告会 (2020年度基礎研究助成終了代表者)
 - ・「高温超電導コイルの完全自己保護法の開発」 岡山大学・准教授 植田浩史
 - ・「三次元分子の動きを利用した単分子有機圧電材料の創出」 京都大学・准教授 廣戸 聡
- (3)贈 呈 式
 - ・選考評 東京工業大学・特命教授(名誉教授)2020年度審査委員長 篠崎和夫
 - ・贈呈書授与 理事長 山口 博
 - ・代表者挨拶 産業技術総合研究所・主任研究員 マセセ・タイタス



去る4月13日、日本工業倶楽部(千代田区丸の内)にて、2021年成果報告会・贈呈式を開催しました。

初めの成果報告会では、2020年度研究助成(基礎研究)助成終了者を代表して、特に顕著な成果をあげられた岡山大学准教授・植田浩史様と京都大学准教授・廣

戸聡様よりオンラインでその成果を発表して頂きました。(写真)

続く贈呈式では、冒頭、選考評として、2020年度審査委員長・篠崎和夫先生(東京工業大学・特命教授[名誉教授])より、今年度の審査は新型コロナウイルス感染症の感染拡大により全てオンラインにて実施したことや大変意欲的な研究テーマが多く、将来の電気・エネルギー分野の発展を予期するとともに、審査の喜びを感じたことが報告されました。その後、当財団理事の列席のもと、山口博理事長より2020年度新規採択者の皆様にそれぞれ贈呈書が授与されました。

最後に、研究助成(基礎研究)新規採択者代表挨拶として、産業技術総合研究所主任研究員・マセセ・タイタス様より、リチウム電池の代替として期待されるカリウム電池の開発の紹介と当財団の研究助成に対する強い意気込みが語られました。

コロナ禍により、参加人数を最小限に絞っての開催となりましたが、ご出席頂きました新規採択者、また関係者の皆様のご協力により、無事に式を開催することが出来ましたことを感謝申し上げます。

◇2020年度採択実績

2020年度の新規採択実績は、以下の通りです。(採択額合計 92,600,000 円)

- ・研究助成(基礎研究): 7件……………総額 69,000,000 円
- ・研究助成(一般研究): 15件……………総額 15,000,000 円
- ・国際技術交流援助: 7件……………総額 800,000 円
- ・奨学金給付: 5件……………総額 7,800,000 円

◇2020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 (年)	助成総額 (万円)
岩橋 崇	東京工業大学	助教	非線形振動分光を核とした電気化学界面の in situ 精密計測技術の確立	2	1,000
打田正輝	東京工業大学	准教授	磁性トポロジカル半金属薄膜における非散逸伝導機能の制御	2	1,000
岡田洋平	東京農工大学	助教	合成光電気化学の新展開	2	900
片瀬貴義	東京工業大学	准教授	ありふれた元素からなる酸化物半導体の低熱伝導率化と超高熱電変換性能の実現	2	1,000
堀出朋哉	九州工業大学	准教授	斜方晶カルコゲナイドを用いた高性能膜型熱電モジュール開発	3	1,000
本多 智	東京大学	助教	音の有効利用による高分子トポロジー変換法の開発	2	1,000
マセセ タイタス	産業技術総合研究所	主任研究員	ハニカム層状型構造を有するカリウムイオン電池用新規電極材料の開発	2	1,000

◇2020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 (年)	助成総額 (万円)
秋元祐太郎	筑波大学	助教	非破壊自動診断による燃料電池の遠隔制御システムの開発	1	100
荒井慧悟	東京工業大学	助教	ダイヤモンド量子センサによる高性能電流モニタリング	2	100
有馬ボシール アハンマド	山形大学	准教授	バイオ分子による CdS の光腐食防止の機構解明及び高効率な水素製造システムの開発	2	100
井上良太	岡山大学	助教	非接触給電を応用した高温超電導ケーブルの終端接続部における非接触化に関する研究	1	100
大井 梓	東京工業大学	助教	腐食量その場測定システムの開発による白金合金の腐食劣化機構解明	1	100

氏名・採択時所属 (敬称略 50音順)			研究題目	研究期間 (年)	助成総額 (万円)
荻原仁志	埼玉大学	准教授	複合酸化物ナノ粒子の包括合成を基盤とする新規電解プロセスの開拓	2	100
神田英輝	名古屋大学	助教	DME抽出法による草木質バイオマスから石炭・石油代替燃料への省エネルギー転換	1	100
坂部淳一	中央大学	助教	シリコン負極を用いた全固体電池の実用化に向けた研究	1	100
塩貝純一	東北大学	助教	単一強磁性金属素子で実現する3次元磁場センシング	2	100
中内大介	奈良先端科学技術大学院大学	特任助教	原子炉モニタリングを企図した放射線計測用蛍光材料開発	1	100
朴 炫珍	北海道大学	助教	パルスジェットによって実現される低風速で高い効率を有する都心型ダリウス風車	1	100
東原知哉	山形大学	教授	高分子精密合成を駆使した伸縮性を持つ有機薄膜トランジスタ材料の創成	2	100
藤墳大裕	東京工業大学	助教	高速水素製造を目指した高担持量炭素担持卑金属微粒子触媒の創製	1	100
松岡圭介	埼玉大学	准教授	イオン性高分子を用いた泡沫分離による放射性金属の除去	2	100
山田豊和	千葉大学	准教授	超省エネ電界制御型・蜂の巣構造磁性薄膜格子の開発	2	100

◇2020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	渡航先	採択額 (万円)
麻生祐美※	東京農工大学	修士1年	環太平洋国際化学会議 2020	ホノルル	10
稲本 遙	大阪大学	修士2年	2020 IEEE 原子核科学シンポジウムと医用イメージングに関する国際会議	ボストン	20
佐々木優介	茨城大学	修士2年	IECON 2020	シンガポール	10
須田祐矢	信州大学	修士1年	2020年 電気化学秋季大会	ホノルル	10
濱野 凌※	東京理科大学	修士1年	環太平洋国際化学会議 2020	ホノルル	10
藤村 樹	早稲田大学	一貫制博士課程5年	PRiME2020	ホノルル	10
吉永明寛	山口大学	修士2年	第9回再生可能エネルギーとナノテクノロジーに関する合同会議	コンケン(タイ)	10

※COVID-19の影響等により、採択後中止

◇2020 年度奨学金給付採択者

氏名 (敬称略50音順)	所属(採択時)	月額 (万円)	給付期間 (ヶ月)
稲垣 伸	山形大学有機材料システム研究科有機材料システム専攻・修士2年	5	36
岩野 司	東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻・博士後期課程1年	5	24
嶋川 肇	東京大学工学系研究科電気系工学専攻・修士2年	5	36
島添和樹	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・修士2年	5	36
辻 流輝	兵庫県立大学大学院工学研究科材料・放射光工学専攻・博士後期課程1年	5	24

◇2021 年度募集

2021 年度の募集スケジュールは、以下のとおりです。詳細は財団ホームページ(<https://www.tmf-zaidan.or.jp/>)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	2021年9月30日(木)
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	2022年1月31日(月)

※2021 年度研究助成(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。

○研究助成(基礎研究)助成対象について(以下のいずれかに該当するもの)

1. 広く将来の産業・生活に関わる技術の向上・革新を目指す基礎研究

(1) 電気・エネルギー分野(電気工学、機械工学、材料工学、化学等)の研究であること。

(2) 上記各分野を融合・発展させた研究であること。

【例】蓄電池、太陽光発電、風力発電(浮体式等)、水素、カーボンフリー発電など原理、技術の革新を目指す基礎研究

2. 電力・エネルギーシステムを中心とした新たな社会システムの構築を目指す統合型研究

(1) 再生可能エネルギー、蓄電池、ブロックチェーン、IoT、AI など新技術を活用し今後の電力・エネルギーシステムの発展・変革を目指す統合型研究であること。

(2) エネルギーの資源・製造・流通、あるいは環境に関わる革新的な研究であること。

【例】AI、ブロックチェーン技術などの新技術を活用した電力システム(アグリゲーション、配電網含む)の高度化、エネルギー資源・製造・流通の革新、省エネなどエネルギー利用の効率向上、グリーン環境技術などに係る革新的な研究

◇2021 年度役員・評議員・審査委員

<2021 年 8 月 1 日現在(50 音順、敬称略)>

理事長	山口 博	(株)関電工代表取締役会長
常務理事	蘆立 修一	(公財)東電記念財団(常勤)
理事	石山 敦士	早稲田大学理工学術院教授
	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	東京大学名誉教授
	山口 学	元(株)関電工取締役会長
	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顧問・東京大学名誉教授
	藤嶋 昭	東京理科大学スペースシステム創造研究センター名誉教授 東京大学名誉教授
	正田 英介	公益財団法人鉄道総合技術研究所フェロー・東京大学名誉教授
	榊本 晃章	(一財)日本原子力文化財団理事長
審査委員長	大崎 博之	東京大学大学院新領域創成科学研究科先端エネルギー工学専攻教授
審査委員	井村 順一	東京工業大学副学長・工学院システム制御系教授
	神谷 利夫	東京工業大学科学技術創成研究院フロンティア材料研究所所長・教授
	神成 文彦	慶應義塾大学理工学部電子工学科教授
	染谷 隆夫	東京大学大学院工学系研究科研究科長・工学部長・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教授
	若尾 真治	早稲田大学理工学術院教授

お蔭様で、コロナ禍にも関わらず 2020 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