

令和 4 年 6 月 2 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04352

研究課題名（和文）ポリエチレン中のUltra Fast Chargeのキャリア源とその伝導機構

研究課題名（英文）Ultra Fast Conduction Mechanism of Space Charges in Polyethylene

研究代表者

門脇 一則（Kadowaki, Kazunori）

愛媛大学・理工学研究科（工学系）・教授

研究者番号：60291506

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）：直流電界下の絶縁材料内部をUltra Fast Chargeが通過する時にスパイク状パルス電流が流れると考えられているが、その電荷の正体は不明である。本研究では、低密度ポリエチレンシートに注入された各種キャリアの挙動を電流測定と空間電荷分布測定により観察し、スパイク電流を引き起こすキャリア源の特定を目指した。電子や正負イオンがポリエチレン内に注入された時の電流と空間電荷分布を計測した。電子成分が注入されるとスパイク発生頻度は増加するのに対し、正イオンの注入によりその頻度は低下した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

Ultra Fast Chargeと呼ばれるような高速移動する電荷が存在すると考えられている一方で、ポリエチレン内部には電界が高いのに動かない電荷群が存在することも知られている。これらの不思議な現象の機構を解明することで、絶縁材料における電気伝導の物理を正しく理解することが本研究の目的である。研究を通じて得られた知見は、電力用高電圧ケーブルの材料設計や製造技術の進化につながるものと信じる。

研究成果の概要（英文）：It is believed that a spike pulse current flows when Ultra Fast Charges passes through the inside of an insulating material under a DC electric field. However, the conduction mechanism of the fast charge is still not clear. In this study, we observe the behavior of various carriers injected into low-density polyethylene sheets by current measurements and space charge measurements to identify the carriers causing the spike current. The current and space charge distribution are measured when wether electrons or ions are injected into polyethylene. The frequency of spike increases when electrons are injected, whereas it decreases when positive ions are injected.

研究分野：高電圧工学

キーワード：空間電荷 Ultra Fast Charge 移動度 ポリエチレン スパイク電流

1. 研究開始当初の背景

固体誘電体中の高電界電気伝導機構は、金属や半導体におけるそれよりも複雑で、バンド理論だけで説明することが難しい。固体誘電体の中でも高分子材料の場合は、結晶性を有する領域と非晶質な領域が混在するため、特に複雑である。1980年代までは、Time of Flight法を用いた光刺激過渡電流測定によるキャリア移動度測定や、熱刺激電流測定によるトラップ深さの評価などが盛んに行われ、長い年月をかけてこの分野の学術が発展してきた。1990年代から2000年代に入ってから、パルス静電応力法(PEA法)を用いて固体誘電体中の空間電荷の分布を直接観察する研究が盛んに行われるようになり、 $10^{-13} \text{ m}^2\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$ の桁よりも低い移動度を有する低速度の空間電荷の存在が数多く確認されてきた。さらにその発生条件や不純物キャリアの影響も明らかにされている。さらに2010年代には、通常よりも3桁以上大きな速度で高分子中を移動するUltra-Fast Chargeと呼ばれる空間電荷の存在と、それに対応していると思われるスパイク状パルス電流に注目が集まってきた。我々も直流高電界下の低密度ポリエチレンにおいてスパイク状のパルス電流が間欠的に直流成分に重畳されていることを確認するとともに、その発生頻度が酸化防止剤の添加により抑制されることを確認している。しかし残念ながら電流測定と同時に空間電荷を観測することによって、スパイク電流が現れる瞬間の空間電荷挙動を実験的に調べた例は見当たらない。

2. 研究の目的

「スパイク電流が検出される時、どのくらいの量の電荷がどのくらいのスピードで動いているのか。」「Ultra-Fast Chargeはどこをどうやって移動しているのか。」「早い電荷と遅い電荷の違いは何なのか。」これらの学術的問いが、本研究の核心である。いくつかの研究グループが、Ultra-Fast Chargeの伝導機構の解釈にソリトン伝導の概念を適用している。しかしソリトン伝導であることを特に支持するような実験事実は得られていないのが現状である。

2010年以降、Ultra-Fast Chargeが注目されるその一方で、電界が高くなればなるほど動き難くなる電荷群が存在していることにも注目が集まってきた。これらの不思議な現象の機構を解明することで、高分子絶縁材料における電気伝導の物理を正しく理解することが本研究の目的である。

3. 研究の方法

先にも述べたように、高分子材料の移動度測定にはTime of Flight法が古くから用いられてきた。最近では、Charge chromatographyと称する方法を用いて外部電界により注入された空間電荷の過渡的な動きを観察することによる移動度評価もなされている。一般的なパルス静電応力法の場合、一定の直流電界下における空間電荷の動きを観察する。これに対し、Charge chromatographyでは直流電圧に励起パルス電圧を重畳することで、試料内部にマーカーとなるキャリア塊を強制的に注入し、その後の塊の動きを追跡する点に特徴がある。この方法は良い方法であるものの、注入される空間電荷の種類(電子成分、イオン成分)を制御できない点に解決すべき課題が残っている。Ultra-Fast Chargeのキャリア種は何か、逆に動きの遅い電荷の主成分は何かについて議論するためには、注入される電荷に選択性を持たせる必要がある。今回我々は、この問題を解決するための手法として、針、メッシュおよび平板よりなる三電極型電荷注入装置を製作し、その有効性を検証するところから始めた。

三電極型電荷注入装置の断面構造を図1に示す。アルミニウム製の接地平板電極と銅メッシュ(#50)製のスクリーン電極との間に厚さ $150\mu\text{m}$ のポリオレフィン系シート試料が挟まれている。シートは低密度ポリエチレン(住友化学工業(株)、スミカセンG201)とエチレン-エチルアクリレーと共重合樹脂((株)ENEOSNUC, DPDJ6182)を任意の比率でブレンドし、その混

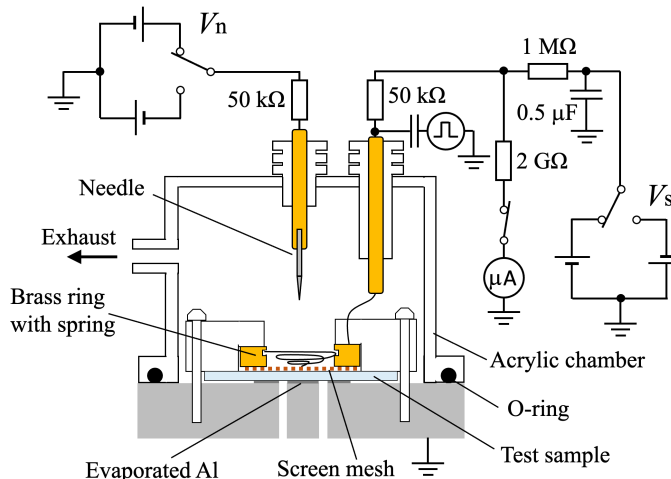


図1 三電極型電荷注入装置の断面構造

和物を加熱プレス成形することにより得られた。ブレンド比率を調整することにより、高分子内の極性基含有率を任意の値に設定することができる。

図1中のスクリーン電極の電位 V_s は常に一定である。スクリーン対平板電極の中心軸上には、距離を隔てて針電極が備えられている。電解研磨により先端曲率半径が $10\ \mu\text{m}$ に調整された木綿針を、その先端からスクリーン電極までの距離が $10\ \text{mm}$ となるように上部に固定した。針電極の電位 V_n を V_s よりも高くしておけば、両者の電位差 $|V_n - V_s|$ の大きさに応じて針先でコロナが発生する。コロナ放電により気中に放出された電荷群は電界に沿って移動し、さらにそれらの一部はスクリーンの間隙を通り抜け、ポリエチレンが挟まれている高電界領域へと移動する。予備実験において、針先から供給される電荷のうち 9 割程度はスクリーンに吸収されるものの、残りの約 1 割の電荷がスクリーンを通過することを確認している。

一般に、金属と高分子が理想状態で接触している場合、金属から高分子に電荷が移動するためには、金属のフェルミ準位と誘電体の伝導帯とのエネルギーギャップに起因する電位障壁が形成されるため、空間電荷が界面を通過するには障壁を越えるだけのエネルギーが必要である。一方、気中（真空準位）に放出された電子やイオンから高分子をみた場合、表面には電位障壁が存在しないのでバルク内への侵入が比較的容易である。すなわち図1のアクリル製チャンバ内の雰囲気は大気圧空気のまま、もしくは大気圧窒素に置換した状態のもとで $|V_n - V_s|$ の値を大きくすることにより、特定の電荷担体を高分子内へ注入することができる。本研究では、下部平板電極の中心導体部に微小電流計を接続し、電荷注入時のスパイク電流発生頻度を評価した。さらに微小電流計ではなく厚さ $9\ \mu\text{m}$ の圧電素子を中心導体背後に密着させ、スクリーン電極に幅 $5\ \text{ns}$ 高さ $500\ \text{V}$ のパルス電圧を重畳することにより、空間電荷分布も計測した。空間電荷分布測定時には、スクリーン電極上部の押しバネを用いてシートを平板電極に押し付けることで音響的整合を得た。 $|V_n - V_s|$ の値を一定にしたままで、スクリーン越しに空間電荷を常時注入した状態で、定常電流と空間電荷分布を計測した。スパイク電流の原因となり得るキャリア種の形成に対する雰囲気の影響を調べると共に、シートの極性基含有率がスパイク電流発生頻度に及ぼす影響についても調べた。

4. 研究成果

4.1 雰囲気の影響

大気圧空気中もしくは窒素ガス中における、正極性もしくは負極性での定常電流密度と印加電界 V_s/d との関係を図2(a)(b)(c)(d)に示す。ここで用いた試料は、低密度ポリエチレン単体シートなので、ポリマー中に極性基はほとんど含まれていない。図中のパラメータ $|V_n - V_s|$ は、スクリーン電極-針電極間の電位差を表している。この数値が大きいくほど針先からの電荷放出量が増える。(a)の空気中正針の場合、針先で形成される電荷の主成分は窒素正イオンである。 $|V_n - V_s|$ の上昇に伴い、定常電流値が上昇していることがわかる。ただし、その上昇率は比較的小さく、窒素正イオンの注入によって桁違いに電流が増えるほどではない。(c)の窒素ガス中正針においても、窒素正イオンが針先近傍で形成される。したがって電荷放出量の増加に伴う電流増加の傾向は(a)のそれとおよそ同じである。ただし、電流の絶対値においては、(a)よりも(c)の方が小さい傾向にある。(b)の空気中負極性の場合、針先で形成される電荷の主成分は酸素負イオンである。 $|V_n - V_s|$ の上昇に伴う、電流値の上昇率は(a)や(c)と大差ない。ここで注目すべきは、(d)の窒素ガス中負極性における $|V_n - V_s|$ の上昇に伴う電流

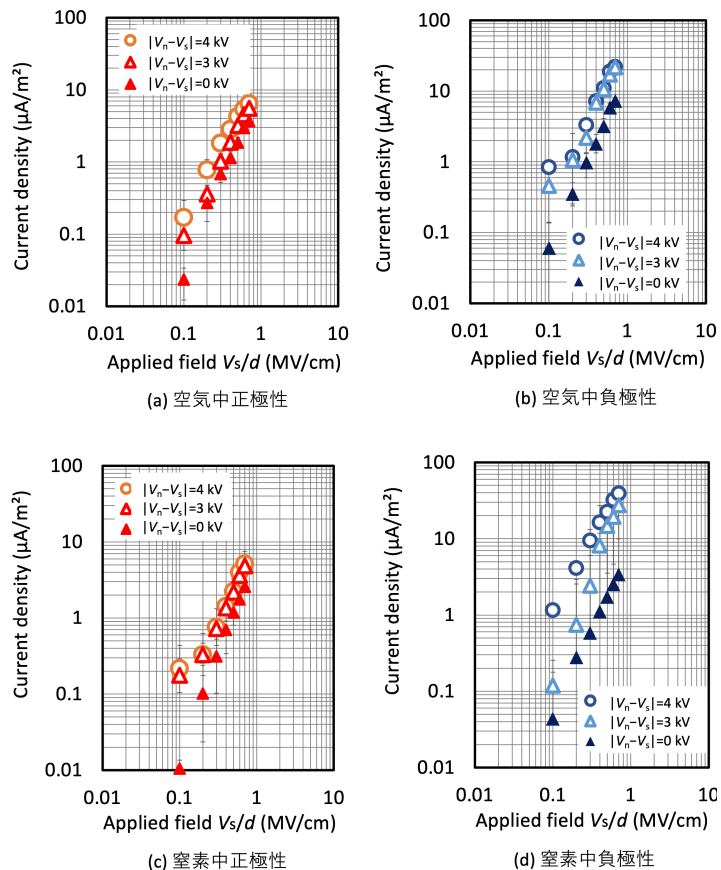


図2 印加電界と電流密度の関係

値の上昇率は他よりも著しく大きい点である。窒素ガス中における、電子の付着係数は極めて小さいので、(d)の条件下では、シート内に注入される空間電荷は電子成分が主であるとみなされる。以上の結果は、電子伝導におけるキャリア移動度は、イオン伝導におけるその数倍以上になることを示唆している。しかし、Ultra-Fast Chargeの移動度は、通常的空間電荷よりも3桁以上大きいとされていることを考慮すると、図2における電流増だけでUltra-Fast Chargeの伝導機構を説明するのは困難である。

図2 (a) (b) (c) (d)と全く同じ条件下における、スパイク電流発生頻度と印加電界との関係を図3 (a) (b) (c) (d)に示す。ここで注目すべきは、 $|V_n - V_s|$ の上昇と共に、スパイク電流発生頻度が上昇するのは(d)の窒素中負極性だけであるという事実である。(a)と(c)の正極性におけるスパイク発生頻度は、むしろ上昇するどころか、 $|V_n - V_s|$ の上昇と共に下降している。すなわち、スクリーン電極側から注入された窒素正イオンもしくは窒素イオンと高分子間での電荷授受によりバルク内に蓄積された正孔の移動度は小さいため、これらの多くは高速で移動することなく内部に蓄積し、その結果としてシート内部の電界分布が歪んだ状態で定常状態に落ちついていると思われる。

空気中もしくは窒素ガス中で、 $|V_n - V_s| = 3 \text{ kV}$ の電位差で正針もしくは負針から空間電荷を注入している状態での空間電荷分布を図4 (a) (b) (c) (d)に示す。全てにおいて注意すべきは、シート上部に接するスクリーン電極が銅メッシュ製なので、この界面における音響インピーダンスの整合が不十分である点である。すなわちスクリーン電極近傍の電荷密度の大きさは正確性に欠けている。したがって本実験においては、シート内部の電荷蓄積状態のみ注目して考える。(a) (b) (c)において、シート内部には、スクリーン電極側からの単極性電荷注入による空間電荷が蓄積されているのがわかる。正極性の場合、(a)の空气中にせよ

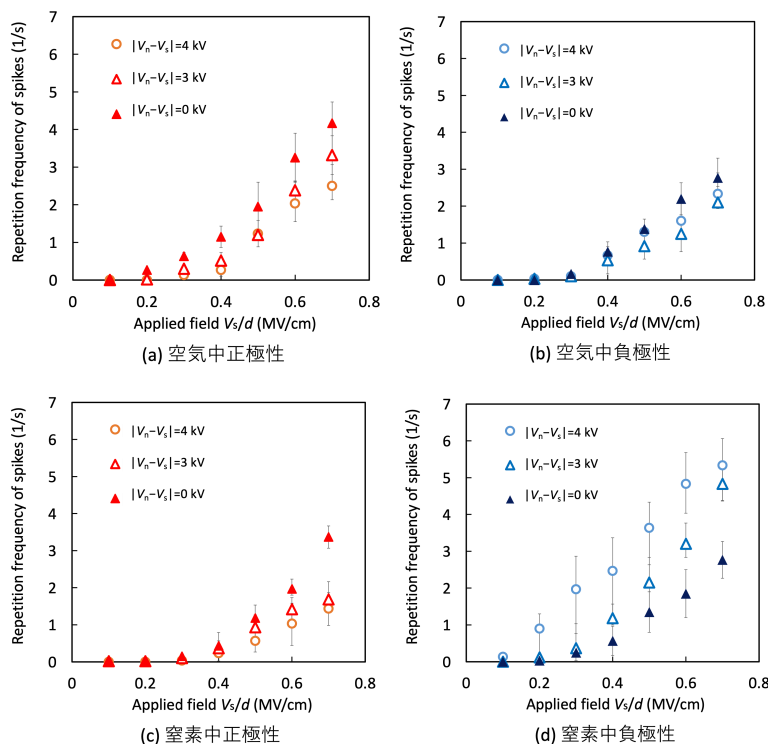


図3 印加電界とスパイク電流発生頻度との関係

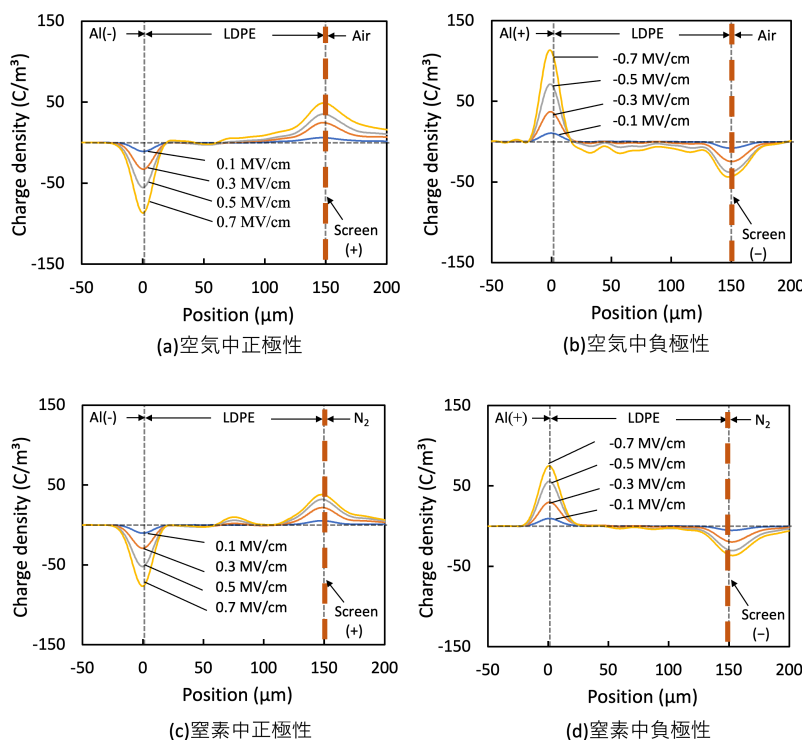


図4 $|V_n - V_s| = 3 \text{ kV}$ における空間電荷分布

(c)の窒素中にせよ、内部の空間電荷の正体は窒素の正イオンであるか、もしくは正イオンと高分子との間での電荷の授受により形成された正孔であると思われる。(a)と(c)との間で分布の形が異なるのは興味深い事実であるが、違いの原因については今のところ不明である。一方で負極性の場合、(b)の空気中ではバルク全体にわたって酸素負イオンに起因する空間電荷群が蓄積されているのに対し、(d)の窒素中ではバルク内の空間電荷密度が極めて小さいことがわかる。この事実は、(d)における伝導電流の値が他よりも桁違いに大きく、かつスパイク電流の発生頻度も他より大きいという実験事実とよく対応している。

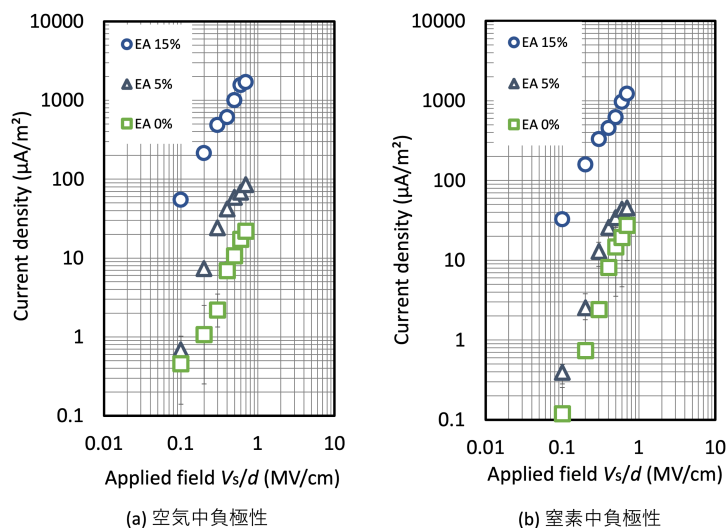


図5 印加電界と電流密度の関係（負極性のみ）

<4.2> 極性基含有率の影響

図5(a)と図5(b)は、空気中もしくは窒素ガス中で、 $|V_n - V_s| = 3 \text{ kV}$ の電位差で負電荷を注入している状態での印加電界と定常電流値との関係について、試料の極性基（アクリル酸エチル）含有率をパラメータとしてプロットしたグラフである。パラメータ中のEA0%の表記は、アクリル酸エチル含有率0%、すなわち低密度ポリエチレン単体試料を意味する。高分子中の極性基含有率の上昇とともに、電流密度が大きく上昇していることがわかる。極性基の存在が電流上昇に寄与するのは、正極性でも観測された。正極性における定常電流の大きさは、負極性のそれよりも一桁程度小さいことを確認している。

窒素ガス中もしくは空気中で、 $|V_n - V_s| = 3 \text{ kV}$ の電位差で負電荷を注入している状態での印加電界とスパイク電流発生頻度との関係について、極性基含有率をパラメータとしてプロットしたグラフを、図6(a)および図6(b)に示す。まず、図6(a)(b)の縦軸のスケールが、図3のそれとは全く違う点に注意が必要である。極性基を含まない低密度ポリエチレンの場合には、スパイク電流発生頻度は1秒あたり数回程度であったのに対し、高分子の側鎖にアクリル酸エチルが形成されると、スパイク発生頻度が桁違いに上昇することがわかる。定常電流値の場合、図5(a)と図5(b)に示したように、空気中と窒素中との間で明瞭な差は認められなかった。ところがスパイク発生頻度に関しては、空気中よりも窒素中の方が3倍から5倍程度大きいことがわかる。正極性においても同様の評価をしている。窒素中正極性および空気中正極性におけるスパイク発生頻度は、図6(b)の窒素中負極性でのそれと比べて、かなり小さいことを確認している。以上の結果から、スパイク電流が発生するためには、キャリア源としての電子が注入されること、さらにホッピングサイトとしての役割を果たす極性基がバルク中に点在すること、この2条件を満足する必要があると考えられる。

以上の研究成果から、スパイク電流が高頻度で引き起こされるための必要条件がわかってきた。今後は定常的に電荷を注入するのではなく、パルス的に針先から電荷を注入した後の、電流と空間電荷分布の過渡的变化について調べる予定である。

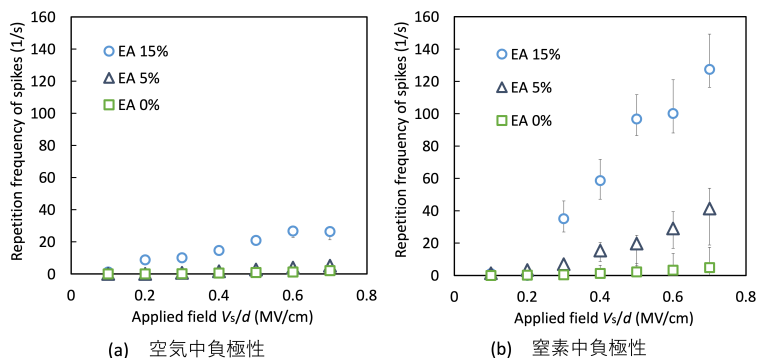


図6 印加電界とスパイク電流発生頻度との関係（負極性のみ）

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Ryotaro Ozaki, Kazuya Takeda, Taichi Yano, Shinji Yudate and Kazunori Kadowaki	4. 巻 -
2. 論文標題 Simulation of Space Charge Dynamics in Low-Density Polyethylene Using the Gaussian Disorder Model	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation	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） 10.1109/TDEI.2022.3168375	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 Keisuke Yamamoto, Shinji Yudate, Ryotaro Ozaki, and Kadowaki Kazunori	4. 巻 -
2. 論文標題 Polarity Effect of Large Current Spikes Produced by Artificial Charge Injection from Gas Phase into LDPE Sheet	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of 2021 IEEE International Conference on the Properties and Applications of Dielectric Materials (ICPADM)	6. 最初と最後の頁 234-237
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 Takahiro Mihara, Ryotaro Ozaki and Kazunori Kadowaki	4. 巻 141
2. 論文標題 Saturation Current Produced by Exponential Decrease in Local Mobility in Low-density Polyethylene with Charge Packet	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電気学会論文誌 A	6. 最初と最後の頁 540-545
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1541/ieejfms.141.540	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 Ryotaro Ozaki and Kazunori Kadowaki	4. 巻 141
2. 論文標題 Calculation of Attenuated Space Charge Profile Obtained by Pulsed-electroacoustic Signal Passed through Polymer Insulator before Charge Injection	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電気学会論文誌 A	6. 最初と最後の頁 527-532
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1541/ieejfms.141.527	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 Ryotaro Ozaki and Kazunori Kadowaki	4. 巻 27
2. 論文標題 Analysis of Attenuation and Dispersion of Acoustic Waves in Low-Density Polyethylene	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation	6. 最初と最後の頁 2007-2013
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TDEI.2020.008843	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 Ryotaro Ozaki, Kizuki Ochi, Sota Sanada, Shinji Yudate, and Kazunori Kadowaki	4. 巻 -
2. 論文標題 Analysis of pulsed-electroacoustic signal propagation based on viscoelastic model	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of 2020 International Symposium on Electrical Insulating Materials (ISEIM)	6. 最初と最後の頁 135-138
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 Kazuya Takeda, Shinji Yudate, Ryotaro Ozaki, and Kazunori Kadowaki	4. 巻 -
2. 論文標題 Numerical simulation of transient behavior of packet-like space charge in low density polyethylene	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of 2020 International Symposium on Electrical Insulating Materials (ISEIM)	6. 最初と最後の頁 327-330
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 Takahiro Mihara, Shinji Yudate, Ryotaro Ozaki, and Kazunori Kadowaki	4. 巻 -
2. 論文標題 Current reduction caused by strong local field in low-density polyethylene under various temperatures	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of 2020 International Symposium on Electrical Insulating Materials (ISEIM)	6. 最初と最後の頁 331-334
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 真田 聡太, 弓達 新治, 尾崎 良太郎, 門脇 一則	4. 巻 139
2. 論文標題 スピンコート法により作製したP(VDF-TrFE)薄膜を用いたPEA空間電荷測定	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電気学会論文誌 C	6. 最初と最後の頁 1134-1139
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejieiss.139.1134	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17件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 山本 恵輔, 関谷 康祐, 弓達 新治, 尾崎 良太郎, 門脇 一則
2. 発表標題 気相から高分子へ注入された電荷によるスパイク状パルス電流の雰囲気依存性
3. 学会等名 電気学会 誘電・絶縁材料研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤 伸弥, 田丸 雅貴, 弓達 新治, 尾崎 良太郎, 門脇 一則
2. 発表標題 機械的加圧下での高分子フィルムの高電界伝導と空間電荷蓄積
3. 学会等名 電気学会 誘電・絶縁材料研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本 恵輔, 弓達 新治, 尾崎 良太郎, 門脇 一則
2. 発表標題 気相から高分子へ注入された電荷によるスパイク状パルス電流の極性効果
3. 学会等名 第52回電気電子絶縁材料システムシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 矢野 太一, 弓達 新治, 尾崎 良太郎, 門脇 一則
2. 発表標題 移動度の電界依存性を考慮した低密度ポリエチレンのパケット状空間電荷の動的解析
3. 学会等名 第52回電気電子絶縁材料システムシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 尾崎 良太郎, 矢野 太一, 武田 和也, 弓達 新治, 門脇 一則
2. 発表標題 ホッピング伝導モデルに基づく低密度ポリエチレンの空間電荷シミュレーション
3. 学会等名 第52回電気電子絶縁材料システムシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本 恵輔, 弓達 新治, 尾崎 良太郎, 門脇 一則
2. 発表標題 直流高電界下のエチレン系共重合体におけるスパイク電流発生頻度と極性基含有量との関係
3. 学会等名 令和3年度 電気・電子・情報関係学会四国支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 荒木 海斗, 弓達 新治, 尾崎 良太郎, 門脇 一則
2. 発表標題 FDTD 法を用いた PEA 装置内の圧電センサーの検出信号の解析
3. 学会等名 令和3年度 電気・電子・情報関係学会四国支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 矢野 太一, 弓達 新治, 尾崎 良太郎, 門脇 一則
2. 発表標題 高電界領域における低密度ポリエチレンの電流飽和現象の数値解析
3. 学会等名 令和3年度 電気・電子・情報関係学会四国支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤 伸弥, 山本 恵輔, 弓達 新治, 尾崎 良太郎, 門脇 一則
2. 発表標題 エチレンエチルアクリレート共重合体シートの直流高電界伝導における厚さ依存性
3. 学会等名 令和3年度 電気・電子・情報関係学会四国支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡本 惇, 弓達 新治, 尾崎 良太郎, 門脇 一則
2. 発表標題 空間電荷測定装置の高分解能化のための圧電素子の薄膜化
3. 学会等名 令和3年度 電気・電子・情報関係学会四国支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 尾崎 良太郎, 武田 和也, 三原 貴大, 弓達 新治, 門脇 一則
2. 発表標題 高電界下における低密度ポリエチレンの移動度の変化に関する研究
3. 学会等名 令和3年電気学会全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武田 和也, 弓達 新治, 尾崎 良太郎, 門脇 一則
2. 発表標題 低密度ポリエチレンに注入された空間電荷の過渡的挙動の数値計算
3. 学会等名 令和2年度 電気・電子・情報関係学会四国支部連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本 恵輔, 弓達 新治, 尾崎 良太郎, 門脇 一則
2. 発表標題 気中コロナから高分子シートへの電荷注入が電流スパイク発生頻度に及ぼす影響
3. 学会等名 令和2年度 電気・電子・情報関係学会四国支部連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三原 貴大, 弓達 新治, 尾崎 良太郎, 門脇 一則
2. 発表標題 空間電荷測定による加温された低密度ポリエチレンの電界分布と電荷移動度の評価
3. 学会等名 令和2年度 電気・電子・情報関係学会四国支部連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三原 貴大, 弓達 新治, 尾崎 良太郎, 門脇 一則
2. 発表標題 LDPEの高電界気伝導における直流成分とスパイクの温度依存
3. 学会等名 第50回電気電子絶縁材料システムシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 武田 和也, 弓達 新治, 尾崎 良太郎, 門脇 一則
2. 発表標題 電荷が蓄積されたポリエチレンの回路短絡時の空間電荷挙動の解析
3. 学会等名 令和元年度 電気関係学会四国支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森本 優樹, 弓達 新治, 尾崎 良太郎, 門脇 一則
2. 発表標題 空間電荷分布測定用圧電素子の薄膜化及びSN比改善による分解能向上
3. 学会等名 令和元年度 電気関係学会四国支部連合大会
4. 発表年 2019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	尾崎 良太郎 (Ozaki Ryotaro) (90535361)	愛媛大学・理工学研究科(工学系)・准教授 (16301)	
研究 分担者	弓達 新治 (Yudate Shinji) (40380258)	愛媛大学・理工学研究科(工学系)・助教 (16301)	

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