

令和 4 年 5 月 30 日現在

機関番号：37111

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K14972

研究課題名(和文)窒素ファインバブルと高分子の付加による純水の絶縁性向上に関する研究

研究課題名(英文) Study on the electrical insulating performance improvement of pure water by addition of nitrogen fine bubbles and polymers

研究代表者

高村 紀充 (TAKAMURA, Norimitsu)

福岡大学・工学部・助教

研究者番号：10749419

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：窒素ファインバブル(FB)の付加により、純水の抵抗率と絶縁耐力はそれぞれ最大で1.8倍程度と1.3倍程度向上することがわかった。また、分子量が三千から百万の非イオン界面活性剤(高分子)を 1×10^{-7} 乗～ 1×10^{-3} 乗 w/v%の範囲で付加することで、純水の抵抗率が最大で1.5倍程度向上し、かつ、抵抗率と絶縁耐力を高く維持できることがわかった。さらに、試験容器内の窒素置換回数が多いほど純水の抵抗率を高く維持でき、ダイヤモンド・ライク・カーボン(DLC)やグラフェンで被覆した金属を純水中で用いることで抵抗率の維持や絶縁耐力の向上を実現できることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、石油由来の電気絶縁油(鉱油)の代わりに、持続可能で環境に無害な純水を変圧器の絶縁冷却媒体として使用するための基礎研究として、純水の抵抗率の向上と抵抗率低下の抑制を実現することを目指した。その結果、DLCやグラフェンで被覆した金属を純水中で用い、窒素FBや高分子を純水に付加することで、純水の抵抗率と絶縁耐力が高くなる傾向を見出すことができた。このことは、電力工学(電気機器)、電気電子材料工学(誘電体、複合材料)、ナノ材料科学(ナノコンポジット)などの幅広い学術領域において、大変重要な知見であるとともに、持続可能な社会の実現に貢献できる可能性があると考えている。

研究成果の概要(英文)：It was found that the addition of nitrogen fine bubbles improved the resistivity and dielectric strength of pure water to approximately 1.8 times and 1.3 times, respectively. In addition, it was found that the resistivity of pure water was improved to approximately 1.5 times or could be maintained high value by individually adding non-ionic polymers having molecular weight of 3,000 to 1,000,000 and addition amount of approximately 0.0000001 to 0.001 w/v%. Furthermore, it was found that the resistivity of pure water could be maintained high value by the higher the number of nitrogen substitutions in the test container. Finally, it was also found that the resistivity could be maintained high value and the dielectric strength could be improved by using metal coated with DLC or graphene in pure water.

研究分野：電気電子工学(電力、電気電子材料)、ナノマイクロ科学(ナノ材料)、プラズマ学(プラズマ応用科学)

キーワード：純水 電気絶縁 抵抗率 窒素ファインバブル 高分子 非イオン界面活性剤 ダイヤモンド・ライク・カーボン(DLC) グラフェン

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

油入変圧器は、絶縁油を容器内に封入して電気絶縁と冷却を行う変圧器であり、電力系統で広く普及している。油入変圧器の絶縁油には、絶縁性と冷却性に優れた鉱油が主に使用されている。しかし、鉱油は生分解性に乏しく、石油由来の可燃物であるため、環境を汚染する危険性と将来枯渇する問題がある。このため近年では、合成油や植物油を変圧器に使用する研究が進められている。一方、油以外の液体を変圧器に使用する研究は、これまでほとんど行われてない。

研究代表者らは過去の研究で、環境に無害な純水の雷インパルス絶縁破壊電圧(絶縁耐力)が、絶縁油の代替として使用可能なレベルであることを明らかにした(高村ら:2018)。しかし、純水は絶縁油に比べて抵抗率が5~7桁低く、変圧器でそのまま使用すると電力の損失($\tan \delta$)が大きくなる。さらに、周囲の物質を溶かしやすく、抵抗率が低下しやすい。従って、純水を変圧器の絶縁冷却媒体として使用するためには、「抵抗率の向上」と「抵抗率低下の抑制」が必要である。この要求を満たす可能性がある手段として、ダイヤモンド・ライク・カーボン(DLC)の使用、窒素ファインバブル(FB)や非イオン界面活性剤(高分子)の付加などが挙げられる。実際に、研究代表者らは、水中の金属をDLCで被覆した純水と窒素FBや高分子を付加した純水では、絶縁耐力が向上することを確認している(高村ら:2017、2018)。しかし、純水の抵抗率を向上させ、維持することができる窒素FBや高分子の条件は、明らかになっていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、DLC被覆金属などを純水中で用い、窒素FBや高分子を純水に付加することで、純水の抵抗率と絶縁耐力を高めることができるか否かを明らかにすることとした。具体的には、「(1) 窒素FB付加純水」、「(2) 高分子付加純水」、「(3) 窒素FBと高分子の同時付加純水」、これら3つの純水について、窒素FBおよび高分子の種類や付加量などの条件を変えて、抵抗率および絶縁耐力の経時変化を解明することを目指した。

3. 研究の方法

(1) 窒素FB付加純水の抵抗率と絶縁耐力(引用文献 -)

まず、市販されていたセラミックス製の細孔式FB発生装置(AZ-015-0135、安齋管鉄、)と自作したFB発生装置(8×Φ1、ポリプロピレン製、)を使用して、室内空気が混入する

容器内にて窒素FBを付加した純水の抵抗率と絶縁耐力を調査した。その後、文献調査により、空気中に含まれる二酸化炭素が溶解することで、純水の抵抗率が著しく低下することがわかったため、自作したFB発生装置(8×Φ1、ポリプロピレン製)を改良し、窒素雰囲気下の密閉容器内にて窒素FBを付加した純水の抵抗率と絶縁耐力を調査した()。この自作・改良したFB発生装置の概略図()を図1に示す。

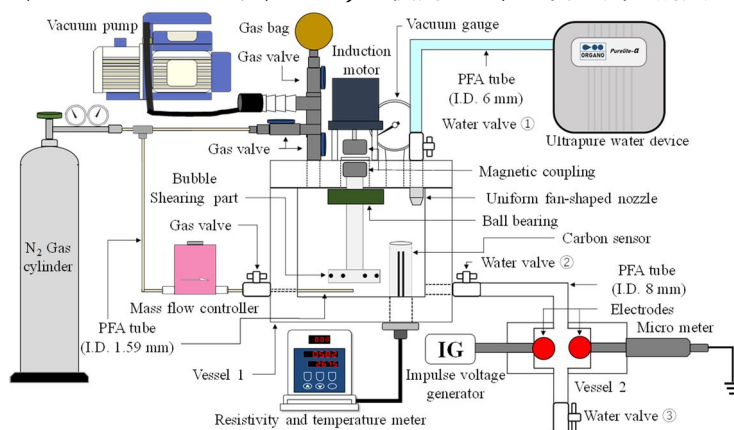


図1 自作・改良した窒素FB発生装置の概略図()

(2) 高分子付加純水の抵抗率と絶縁耐力(引用文献 -)

まず、非イオン高分子のポリビニルアルコール(PVA)、ポリビニルピロリドン(PVP)、ポリエチレングリコール(PEG)、ポリエチレンオキシド(PEO)、陽イオン高分子のトリメチルアンモニウムクロリド(TAC+)、陰イオン高分子のカルボキシメチルセルロースナトリウム(CMC-)の計6種類を個別に0~ 1×10^{-2} w/v%の範囲で付加した純水の抵抗率と絶縁耐力を調査した()。次に、分子量が3,100~1,000,000のPEGおよびPEOを0~ 2×10^{-3} w/v%の範囲で付加した純水の抵抗率を調査した()。その後、窒素雰囲気にて、分子量が3,100~20,000のPEGを0~1 w/v%の範囲で付加した純水の抵抗率()と、非イオン高分子のポリオキシエチレンポリオキシプロピレングリコール(プロノン#204およびプロノン#208、日油)を0~1 w/v%の範囲で付加した純水の抵抗率()を調査した。窒素雰囲気での研究で使用した抵抗率測定装置の概略図()を図2に示す。

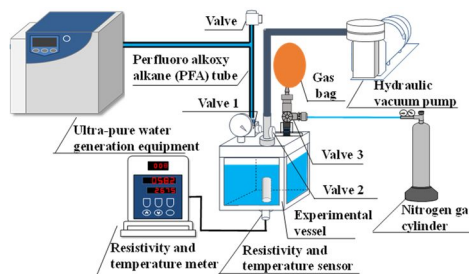
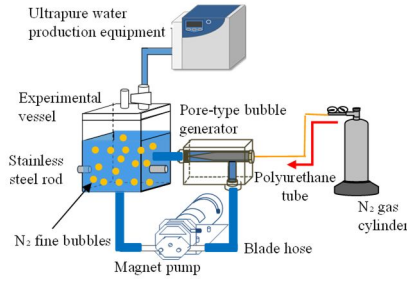


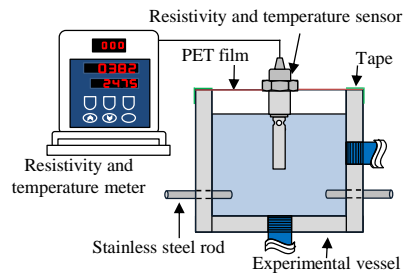
図2 抵抗率測定装置の概略図()

(3) 窒素 FB と高分子の同時付加純水の抵抗率と絶縁耐力 (引用文献 -)

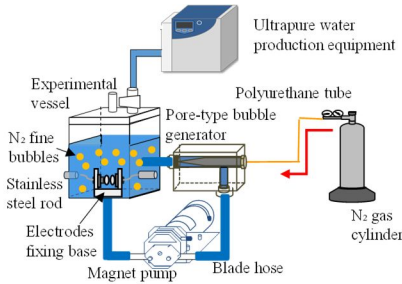
セラミックス製の細孔式 FB 発生装置 (AZ-015-0135、安齋管鉄、 -) と非イオン高分子の PEG、PEO、PVP を用いて、各高分子を $0 \sim 2 \times 10^{-3}$ w/v% の範囲で個別に付加した純水中で窒素 FB を 10 分間発生させて、各純水の抵抗率と絶縁耐力を調査した。この研究で使用した窒素 FB 発生装置の概略図 () を図 3 に示す。



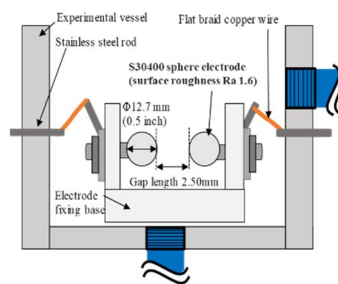
(a) 抵抗率測定用の窒素 FB 発生回路



(b) 抵抗率測定時の概略図



(c) 絶縁破壊試験用の窒素 FB 発生回路



(d) 絶縁破壊試験時の電極構成

図 3 窒素 FB と高分子の同時付加純水の研究で使用した窒素 FB 発生装置の概略図 ()

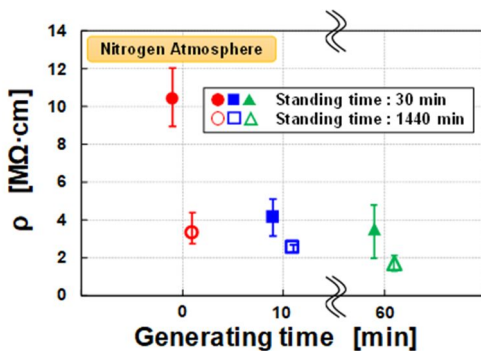
(4) その他 : DLC、グラフェン、窒素置換回数、センサ、電極などの影響調査 (引用文献 -)

まず、裸球電極と DLC 被覆球電極を用いて、純水の抵抗率と絶縁耐力への影響を調査した ()。また、これらの電極と PEG、PEO、PVP を同時に用いて、純水の抵抗率への影響を調査した ()。次に、2019 年度までの主な研究成果を論文にまとめて公表した ()。その後、裸球電極とグラフェン被覆電極を用いて、純水の抵抗率への影響を調査した ()。さらに、試験容器内の窒素置換回数とセンサの材質および電極の材料が純水の抵抗率や絶縁耐力に及ぼす影響を調査した (-)。

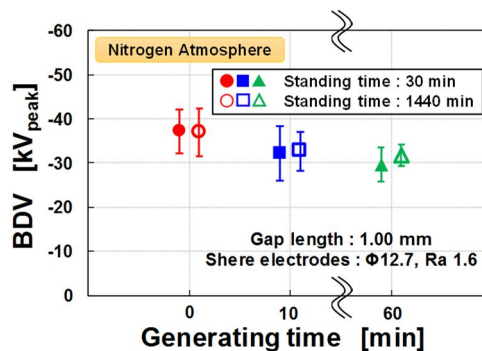
4 . 研究成果

(1) 窒素 FB 付加純水の抵抗率と絶縁耐力 (引用文献 -)

文献 では、直径 100 nm 以下の窒素 FB を付加することで、純水の抵抗率と絶縁耐力がそれぞれ最大で 1.8 倍程度と 1.3 倍程度向上することがわかった。また、文献 では、窒素 FB を 1, 5, 10 分間付加することで、純水の抵抗率は初期値の約 $12 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ から約 10, 8, 4 $\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ に低下するが、球対球電極のギャップ長が 2.00 mm の場合には、窒素 FB を 10 分間付加しても絶縁耐力はほとんど低下しないことがわかった。さらに、文献 では、直径 $0.03 \sim 1.00 \mu\text{m}$ の窒素 FB の付加時間および付加後の静置時間の増加に伴い、抵抗率 (ρ) は著しく低下するが、絶縁耐力 (BDV) はほとんど低下しないことがわかった (図 4 参照)。



(a) 抵抗率



(b) 絶縁耐力

図 4 窒素 FB 付加純水の抵抗率と絶縁耐力に関する代表的な実験結果 ()

(2) 高分子付加純水の抵抗率と絶縁耐力 (引用文献 -)

文献 - では、PEG や PVP を $6 \times 10^{-4} \sim 7 \times 10^{-4}$ w/v%程度、それぞれ個別に付加することで、純水の抵抗率が 1.2 ~ 1.3 倍程度向上し、かつ、抵抗率と絶縁耐力を高く維持できることがわかった。文献 - では、分子量が 3,100 ~ 1,000,000 の PEG や PEO を $2 \times 10^{-4} \sim 1.4 \times 10^{-3}$ w/v%の範囲で個別に付加することで、純水の抵抗率が 1.3 ~ 1.5 倍程度向上することがわかった。また、文献 - では、窒素雰囲気にて分子量が 3,100 ~ 20,000 の PEG を $1 \times 10^{-7} \sim 1 \times 10^{-3}$ w/v%の範囲で個別に付加することで、純水の抵抗率を高く維持できることがわかった(図 5 参照)。さらに、文献 - では、分子量が 3,330 のプロノン#204 と分子量が 10,000 のプロノン#208 を $1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-4}$ w/v%の範囲で個別に付加することで、純水の抵抗率を高く維持できることがわかった。

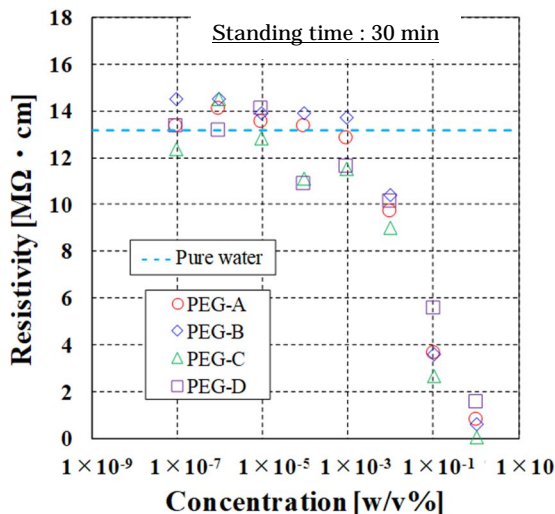
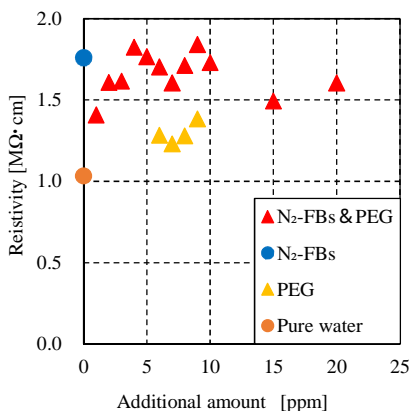


図 5 窒素雰囲気中の PEG 付加純水の抵抗率

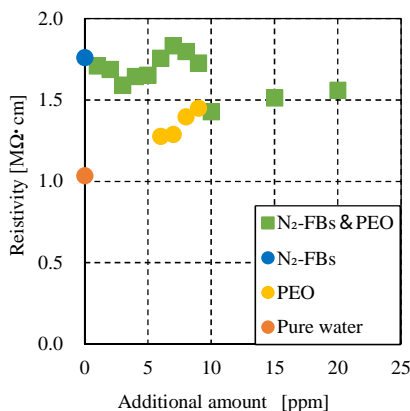
()

(3) 窒素 FB と高分子の同時付加純水の抵抗率と絶縁耐力 (引用文献 -)

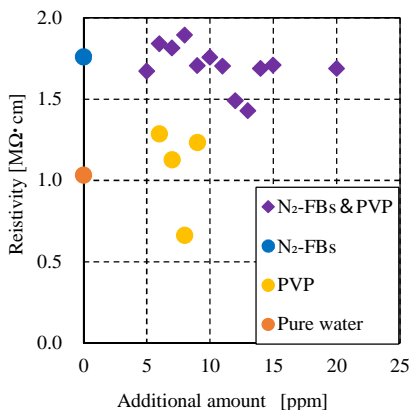
文献 - では、PEG、PEO、PVP を $1 \times 10^{-4} \sim 2 \times 10^{-3}$ w/v% (約 1 ~ 20 ppm) の範囲で個別に付加して窒素 FB を 10 分間発生させた後、各純水の抵抗率を 60 分間測定した。その結果、何も付加していない純水に比べて、全ての純水で抵抗率を高く維持できることがわかった(図 6(a)-(c)参照)。また、高い絶縁耐力を維持できることもわかった(図 6(d)参照)。



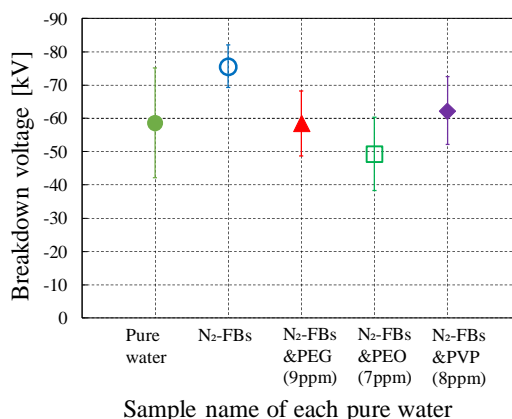
(a) 窒素 FB と PEG 付加純水の抵抗率



(b) 窒素 FB と PEO 付加純水の抵抗率



(c) 窒素 FB と PVP 付加純水の抵抗率



(d) 各純水の絶縁耐力

図 6 窒素 FB と高分子の同時付加純水の抵抗率と絶縁耐力に関する代表的な実験結果 ()

(4) その他 : DLC、グラフェン、窒素置換回数、センサ、電極などの影響調査 (引用文献 -)

試験容器内の窒素置換回数が多いほど純水の抵抗率を高く維持でき、DLC やグラフェンで被覆した金属を純水中で用いることで抵抗率の維持や絶縁耐力の向上を実現できることなどがわかった。これらの研究成果の詳細は、文献 - を参照されたい。

<引用文献>

(1) 「窒素 FB 付加純水」関連の文献

Otsubo Takuya, **Takamura Norimitsu**, *et al.*: “Lightning Impulse Breakdown Characteristics of Pure Water with Nitrogen Ultrafine Bubbles Using Pore Type Generator”, Proceedings of 2019 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (CEIDP), pp.548-551 (2019) **査読付**

土谷和輝、**高村紀充**ら：「窒素雰囲気下における窒素ファインバブルの生成時間が純水の抵抗率および負極性雷インパルス絶縁破壊電圧に与える影響」, 令和 3 年電気学会基礎・材料・共通部門大会講演論文集、3-P-C-2、p.1 (2021)

土谷和輝、**高村紀充**ら：「異なるギャップ長における純水の負極性雷インパルス絶縁破壊電圧に及ぼす窒素ファインバブルの付加時間の影響」, 電気学会第 52 回電気電子絶縁材料システムシンポジウム予稿集、MVP-6、pp.150-152 (2021)

土谷和輝、**高村紀充**ら：「窒素ファインバブルの生成時間が異なる純水における抵抗率および雷インパルス絶縁破壊電圧のギャップ長依存性」, 電気学会研究会資料 (誘電・絶縁材料/放電・プラズマ・パルスパワー/高電圧合同研究会) DEI-22-007/EPP-22-007/HV-22-032、pp.33-38 (2022)

Tsuchiya Kazuki, **Takamura Norimitsu**, *et al.*: “Effects of Nitrogen Fine Bubbles Generating Time and Standing Time on Resistivity and Negative Lightning Impulse Breakdown Voltage of Pure Water in Nitrogen or Air Atmosphere”, Proceedings of 2022 IEEE International Conference on Dielectrics (ICD), 4 pages (in press) (2022) **査読付**

(2) 「高分子付加純水」関連の文献

Takamura Norimitsu, *et al.*: “Effects of Types and Amounts of Additive Polymers on Resistivity and Dielectric Strength of Pure Water”, Proceedings of 2019 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (CEIDP), pp.520-523 (2019) **査読付**

美山正樹、**高村紀充**ら：「ポリエチレングリコールの分子量と付加量が純水の抵抗率に及ぼす影響」, 電気学会研究会資料 (誘電・絶縁材料/放電・プラズマ・パルスパワー/高電圧合同研究会) DEI-21-002/EPP-21-002/HV-21-002、pp.7-11 (2021)

美山正樹、**高村紀充**ら：「窒素雰囲気下におけるポリエチレングリコールの付加量が純水の抵抗率に与える影響」, 電気学会第 52 回電気電子絶縁材料システムシンポジウム予稿集、MVP-5、pp.146-149 (2021)

美山正樹、**高村紀充**ら：「異なる種類の非イオン性高分子の臨界ミセル濃度付近における個々の付加量が窒素雰囲気下の純水の抵抗率に与える影響」, 2021 年度電気・情報関係学会九州支部連合大会 (第 74 回連合大会) 講演論文集、01-2p-07、p.284 (2021)

(3) 「窒素 FB と高分子の同時付加純水」関連の文献

大坪拓矢、**高村紀充**ら：「窒素ファインバブルおよび非イオン性高分子界面活性剤を付加した純水の抵抗率経時変化特性および負極性雷インパルス絶縁破壊特性」, 電気学会第 50 回電気電子絶縁材料システムシンポジウム予稿集、MVP5-4、pp. 236-239 (2019)

美山正樹、**高村紀充**ら：「非イオン性高分子および窒素ファインバブルの同時付加が純水の抵抗率に与える影響」, 令和 2 年電気学会全国大会講演論文集、2-043、p.52 (2020)

Miyama Masaki, **Takamura Norimitsu**, *et al.*: “Addition Effect of Nitrogen Fine Bubbles and Nonionic Polymer Surfactant to Pure Water on Resistivity and Negative Lightning Impulse Breakdown Voltage of Pure Water”, Proceedings of 2020 International Symposium on Electrical Insulating Materials (ISEIM), pp.371-374 (2020) **査読付**

(4) 「その他：DLC、グラフェン、窒素置換回数、センサ、材料などの影響調査」関連の文献

高村紀充ら：「ダイヤモンド状炭素被覆球電極の使用による純水の抵抗率と雷インパルス絶縁破壊電圧への影響」, 電気学会論文誌 A (基礎・材料・共通部門誌) Vol.139, No.6, pp.301-306 (2019) **査読付**

高村紀充ら：「DLC 被覆球電極との接触と非イオン性高分子界面活性剤の添加による純水の抵抗率への影響」, 電気学会第 50 回電気電子絶縁材料システムシンポジウム予稿集、P-7、pp.72-75 (2019)

高村紀充ら：「純水の電気絶縁性能の向上に向けた取り組み」, 電気評論 2020 年 5 月号、pp.73-76 (2020) **査読付**

美山正樹、**高村紀充**ら：「純水の抵抗率低下抑制を目的としたグラフェンの使用に関する検討」, 電気設備学会論文誌、Vol.41, Issue 6, pp.45-46 (2021) **査読付**

美山正樹、**高村紀充**ら：「試験容器内の窒素置換の回数とセンサの材質が純水の抵抗率に与える影響」, 2021 年 (第 39 回)電気設備学会全国大会講演論文集、C-9、pp.127-128 (2021)

土谷和輝、**高村紀充**ら：「各種電極材料を用いた直流電圧印加時における純水の抵抗率変化」, 令和 3 年電気学会全国大会講演論文集、2-040、p.42 (2021)

土谷和輝、**高村紀充**ら：「電極材料が窒素雰囲気下における純水の負極性雷インパルス絶縁破壊電圧に与える影響」, 2021 年度電気・情報関係学会九州支部連合大会 (第 74 回連合大会) 講演論文集、01-2A-02、p.182 (2021)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Tsuchiya Kazuki, Takamura Norimitsu, Araoka Nobutaka, Wang Douyan, Namihira Takao, Hanai Masahiro	4. 巻 -
2. 論文標題 Effects of Nitrogen Fine Bubbles Generating Time and Standing Time on Resistivity and Negative Lightning Impulse Breakdown Voltage of Pure Water in Nitrogen or Air Atmosphere	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of 2022 IEEE International Conference on Dielectrics (ICD)	6. 最初と最後の頁 全4頁 (in press)
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 Miyama Masaki, Takamura Norimitsu, Araoka Nobutaka, Hanai Masahiro	4. 巻 41
2. 論文標題 Examination of Using Graphene for Inhibiting Decrease in Resistivity of Pure Water	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Transactions of the Institute of Electrical Installation Engineers of Japan	6. 最初と最後の頁 45 ~ 46
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14936/tieiej.41.6_45	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 高村紀充、荒岡信隆、花井正広	4. 巻 -
2. 論文標題 純水の電気絶縁性能の向上に向けた取り組み	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電気評論 2020年5月号	6. 最初と最後の頁 73 ~ 76
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 Miyama Masaki, Takamura Norimitsu, Araoka Nobutaka, Hanai Masahiro	4. 巻 -
2. 論文標題 Addition Effect of Nitrogen Fine Bubbles and Nonionic Polymer Surfactant to Pure Water on Resistivity and Negative Lightning Impulse Breakdown Voltage of Pure Water	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 371 ~ 374
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 Takamura Norimitsu, Araoka Nobutaka, Hino Yuta, Otsubo Takuya, Hanai Masahiro	4. 巻 139
2. 論文標題 Influence on the Resistivity and on the Lightning Impulse Breakdown Voltage of Pure Water using Coated Spherical Electrode with Diamond-like Carbon	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials	6. 最初と最後の頁 301 ~ 306
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejfms.139.301	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 Takamura Norimitsu, Araoka Nobutaka, Otsubo Takuya, Hanai Masahiro	4. 巻 -
2. 論文標題 Effects of Types and Amounts of Additive Polymers on Resistivity and Dielectric Strength of Pure Water	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of 2019 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (CEIDP)	6. 最初と最後の頁 520 ~ 523
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/CEIDP47102.2019.9009707	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 Otsubo Takuya, Takamura Norimitsu, Araoka Nobutaka, Hino Yuta, Hanai Masahiro	4. 巻 -
2. 論文標題 Lightning Impulse Breakdown Characteristics of Pure Water with Nitrogen Ultrafine Bubbles Using Pore Type Generator	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of 2019 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (CEIDP)	6. 最初と最後の頁 548 ~ 551
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/CEIDP47102.2019.9009966	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35件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 Tsuchiya Kazuki, Takamura Norimitsu, Araoka Nobutaka, Wang Douyan, Namihira Takao, Hanai Masahiro
2. 発表標題 Effects of Nitrogen Fine Bubbles Generating Time and Standing Time on Resistivity and Negative Lightning Impulse Breakdown Voltage of Pure Water in Nitrogen or Air Atmosphere
3. 学会等名 2022 IEEE International Conference on Dielectrics (ICD) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 土谷和輝、高村紀充、荒岡信隆、美山正樹、花井正広
2. 発表標題 窒素ファインバブルの生成時間が異なる純水における抵抗率および雷インパルス絶縁破壊電圧のギャップ依存性
3. 学会等名 電気学会誘電・絶縁材料/放電・プラズマ・パルスパワー/高電圧合同研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 土谷和輝、高村紀充、荒岡信隆、美山正樹、王斗艶、浪平隆男、花井正広
2. 発表標題 電極材料が窒素雰囲気下における純水の負極性雷インパルス絶縁破壊電圧に与える影響
3. 学会等名 2021年度電気・情報関係学会九州支部連合大会（第74回連合大会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 美山正樹、高村紀充、荒岡信隆、土谷和輝、花井正広
2. 発表標題 異なる種類の非イオン性高分子の臨界ミセル濃度付近における個々の付加量が窒素雰囲気下の純水の抵抗率に与える影響
3. 学会等名 2021年度電気・情報関係学会九州支部連合大会（第74回連合大会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 土谷和輝、高村紀充、荒岡信隆、美山正樹、花井正広
2. 発表標題 異なるギャップ長における純水の負極性雷インパルス絶縁破壊電圧に及ぼす窒素ファインバブルの付加時間の影響
3. 学会等名 電気学会第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 美山正樹、高村紀充、荒岡信隆、土谷和輝、花井正広
2. 発表標題 窒素雰囲気下におけるポリエチレングリコールの付加量が純水の抵抗率に与える影響
3. 学会等名 電気学会第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 土谷和輝、高村紀充、荒岡信隆、美山正樹、花井正広
2. 発表標題 窒素雰囲気下における窒素ファインバブルの生成時間が純水の抵抗率および負極性雷インパルス絶縁破壊電圧に与える影響
3. 学会等名 令和3年電気学会基礎・材料・共通部門大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 美山正樹、高村紀充、荒岡信隆、土谷和輝、花井正広
2. 発表標題 試験容器内の窒素置換の回数とセンサの材質が純水の抵抗率に与える影響
3. 学会等名 2021年（第39回）電気設備学会全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 土谷和輝、高村紀充、荒岡信隆、美山正樹、松田樹也、王斗艶、浪平隆男、花井正広
2. 発表標題 各種電極材料を用いた直流電圧印加時における純水の抵抗率変化
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 美山正樹、高村紀充、荒岡信隆、土谷和輝、花井正広
2. 発表標題 ポリエチレングリコールの分子量と付加量が純水の抵抗率に及ぼす影響
3. 学会等名 電気学会誘電・絶縁材料/放電・プラズマ・パルスパワー/高電圧合同研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Miyama Masaki、Takamura Norimitsu、Araoka Nobutaka、Hanai Masahiro
2. 発表標題 Addition Effect of Nitrogen Fine Bubbles and Nonionic Polymer Surfactant to Pure Water on Resistivity and Negative Lightning Impulse Breakdown Voltage of Pure Water
3. 学会等名 2020 International Symposium on Electrical Insulating Materials (ISEIM) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 美山正樹、高村紀充、荒岡信隆、花井正広
2. 発表標題 純水の抵抗率に与えるSUS304球へのグラフェン被覆の影響
3. 学会等名 2020年度電気・情報関係学会九州支部連合大会(第73回連合大会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 美山正樹、高村紀充、荒岡信隆、大坪拓矢、花井正広
2. 発表標題 非イオン性高分子および窒素ファインバブルの同時付加が純水の抵抗率に与える影響
3. 学会等名 令和2年電気学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takamura Norimitsu、Araoka Nobutaka、Otsubo Takuya、Hanai Masahiro
2. 発表標題 Effects of Types and Amounts of Additive Polymers on Resistivity and Dielectric Strength of Pure Water
3. 学会等名 2019 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (CEIDP) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Otsubo Takuya、Takamura Norimitsu、Araoka Nobutaka、Hino Yuta、Hanai Masahiro
2. 発表標題 Lightning Impulse Breakdown Characteristics of Pure Water with Nitrogen Ultrafine Bubbles Using Pore Type Generator
3. 学会等名 2019 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (CEIDP) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高村紀充、荒岡信隆、大坪拓矢、花井正広
2. 発表標題 純水の抵抗率に対する非イオン性高分子界面活性剤の添加量による影響
3. 学会等名 2019年(第37回)電気設備学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高村紀充、荒岡信隆、大坪拓矢、美山正樹、花井正広
2. 発表標題 DLC被覆球電極との接触と非イオン性高分子界面活性剤の添加による純水の抵抗率への影響
3. 学会等名 電気学会第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 大坪拓矢、高村紀充、荒岡信隆、美山正樹、花井正広
2. 発表標題 窒素ファインバブルおよび非イオン性高分子界面活性剤を付加した純水の抵抗率経時変化特性および負極性雷インパルス絶縁破壊特性
3. 学会等名 電気学会第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

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>福岡大学研究者情報（高村紀充） https://resweb2.jhk.adm.fukuoka-u.ac.jp/FukuokaUnivHtml/info/6607/R110J.html?P=1574402233584 福岡大学工学部電気工学科高電圧・電気材料研究室（研究内容＞超純水絶縁媒体の研究） http://te.tec.fukuoka-u.ac.jp/zairyuu/custom6.html 福岡大学工学部電気工学科高電圧・電気材料研究室（研究内容＞絶縁油の性能向上の研究） http://te.tec.fukuoka-u.ac.jp/zairyuu/custom7.html 福岡大学工学部電気工学科高電圧・電気材料研究室（受賞歴） http://te.tec.fukuoka-u.ac.jp/zairyuu/profile1.html</p>

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