

Title	CVケーブル水トリー伸展にインパルス課電が与える影響
Author(s)	浅野, 正裕; 福田, 欣也; 伊田, 維斗; 岡本, 岳
Citation	電気材料技術雑誌. 25(1) P.13-P.17
Issue Date	2016-12-10
Text Version	publisher
URL	https://doi.org/10.18910/76100
DOI	10.18910/76100
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

CVケーブル水トリー伸展にインパルス課電が与える影響

浅野 正裕¹⁾ 福田 欣也¹⁾ 伊田 維斗²⁾ 岡本 岳²⁾

1) 関西電力株式会社 技術研究所 〒661-0974 兵庫県尼崎市若王寺 3-11-20

2) 住友電気工業株式会社 電力事業部 〒554-0024 大阪府大阪市此花区島屋 1-1-3

Influence of Impulse Voltages on Water Tree Growth in XLPE Cable

Masahiro Asano¹⁾, Kinya Fukuda¹⁾, Yukito Ida²⁾, Gaku Okamoto²⁾

1) The Kansai Electric Power Co.R&D Center. 11-20, Nakoji 3-chome, Amagasaki, Hyogo 661-0974, Japan

2) Sumitomo Electric Industries, Ltd.Power Cable & System Division. 1-3, Shimaya 1-chome, Konohana, Osaka 554-0024, Japan

The dominant deterioration factor of XLPE cables is water trees generated by both penetration of water into the XLPE insulation and application of voltages. Although it is well known that water trees in XLPE insulation grow under the AC voltage application, there are no reports on water tree growth under the application of lightning- and switching-impulse voltages. Since the influence of impulse voltages on water tree growth is important for XLPE cables, experiment using XLPE block samples with a water tree was carried out by applying repeatedly lightning- and switching-impulse voltages to the sample and observing water tree growth. It was revealed that both impulse voltages did not influence water tree growth.

キーワード：インパルス，水トリー，CVケーブル

Keywords：Impulse, Water Tree, XLPE Cable

1. はじめに

遮水層の無い CV ケーブルの最大の劣化要因は、ケーブルの絶縁体である架橋ポリエチレンに外部から水分が浸入し、水トリーが発生することによるものと考えられている。水トリーの伸展の要因として、AC 課電によるものが支配的であると考えられるが、インパルス課電による水トリー劣化に関する検討も重要である。CV ケーブルの初期破壊特性については、最低破壊電界値 E_L レベルの繰り返しインパルス課電による AC 破壊電圧値の低下の影響はないとされているが⁽¹⁾、経年

CV ケーブルにインパルス課電が与える影響については、例えば以下のような報告がなされている。

①66kV 実布設劣化 CV ケーブルを用いて耐インパルス性能を調査した結果、雷インパルス破壊電圧以下であっても、ある程度の電圧以上の雷インパルス侵入により、水トリーを起点に電気トリーが発生し、残存 AC 破壊特性が低下していた⁽²⁾。

②66kV 実布設劣化 CV ケーブルを用いてインパルス課電後の AC 破壊試験を実施した結果、LIWV 相当の繰り返しインパルス課電は残存 AC 破壊性

能にほとんど影響を及ぼさなかった⁽³⁾。
③水トリーを模擬した 66kV 水針欠陥ケーブルを用いて雷インパルス破壊試験を実施した結果、1mm 程度の内導に接した水トリーが LIWV 相当のインパルス電圧に対して有害性を示し始める可能性があることが示唆された⁽⁴⁾。
④66kV CV ケーブルに模擬欠陥を作り、水トリーを伸展させるために長期 AC 課電試験を実施し、インパルス破壊試験を実施した。その結果、経年により水トリーが徐々に伸展し、水トリー伸展により耐インパルス性能が低下することが確認された⁽⁵⁾。

以上より、既に水トリーが発生している CV ケーブルについては、経年や水トリー伸展により耐インパルス性能に対して影響を与えることが示唆されるが、一方で、インパルス課電が水トリーの伸展に与える影響について検討した例はほとんどない。そこで、本研究では伸展が未飽和状態の水トリーを発生させた架橋ポリエチレンブロックを試料として、繰り返し開閉・雷インパルスの課電が水トリーの伸展に与える影響について検討した。

2. 水トリー事前伸展条件の検討

本研究では、繰り返しインパルス課電が水トリーの伸展に与える影響について検討するため、事前に AC 課電を行い、水トリーの発生した試料を作製する必要がある。この際、試料の水トリーの伸展が飽和した状態にあると、インパルス課電による伸展の有無が判断できなくなる。そこで、水トリーを発生させる AC 課電時間と水トリー長の関係を調査し、伸展が未飽和状態の水トリーを発生させる条件を検討した。

2.1. 試料作製

ペレット状の架橋ポリエチレン (XLPE) をロールで混練後、熱プレス機で厚さ 5mm の板状に成形した。成形後、20mm×30mm の大きさに切断し、ブロックサンプルとした。これを恒温槽で 120℃ に加熱し、厚さ 5mm の中央部分に先端曲率半径 3 μm の針を挿入し、常温で冷却した。冷却

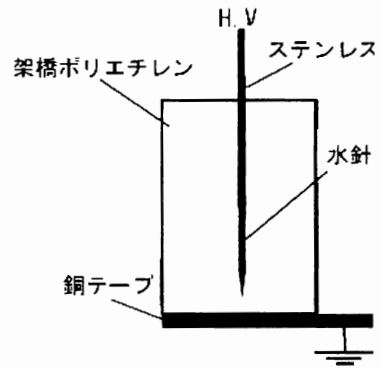


図1 電極構成

Fig.1 Structure of electrode.

後、0.5mol/L の NaCl 溶液中で針を引き抜き、NaCl 溶液を注入することで水針電極を作製した。水針電極には途中までステンレス棒を挿入し、電気的コンタクトをとっており、AC 課電によって水針先端に水トリーを発生させ、これを試料とした。課電時の電極構成を図1に示す。

2.2. 事前課電条件

図2に示すように水針電極先端から水トリー先端までの長さを水トリー長として、2.1 にて作製した3試料に対して 6kVrms、1kHz の AC 課電を行った。課電時間と水トリー長の関係を図3に示す。図3より、課電時間の増加に伴い、水トリー長が長くなるのがわかる。また、課電時間 48 時間以上で水トリーの発生が鮮明に確認できた。

以上より、水トリー伸展が未飽和であり、短時間の課電で水トリーの発生が容易に観察できる条件である 6kVrms、1kHz、48 時間 の AC 課電を水トリー事前伸展条件とした。

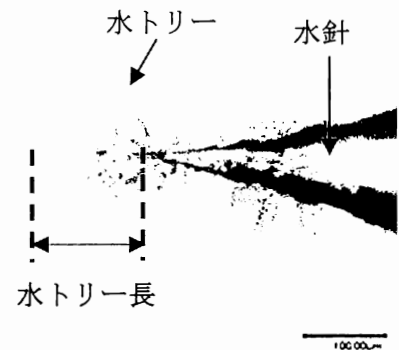


図2 AC(1kHz)課電後の試料

Fig.2 Sample after applying AC(1kHz) voltage

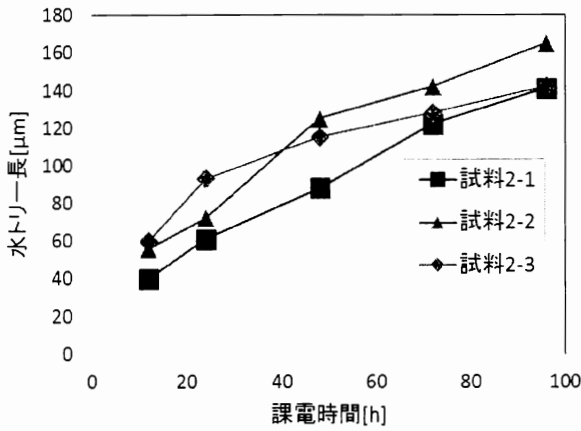


図3 AC(1kHz)課電時間と水トリー長の関係
Fig.3 Relationship between water tree length and AC (1kHz) voltage application time.

3. 繰り返し開閉・雷インパルス課電

繰り返し開閉・雷インパルス課電を行う際、試料に電気トリーが発生すると、水トリー伸展の観察ができなくなるため、電気トリーが発生する電圧より低い電圧で課電する必要がある。そこで、水トリーの発生した試料に対して図4(a)、(b)に示す波形の開閉・雷インパルス課電を行い、電気トリーが発生するときの電圧を調査し、繰り返し開閉・雷インパルス課電の試験条件を検討した。

3.1. 電気トリー発生電圧

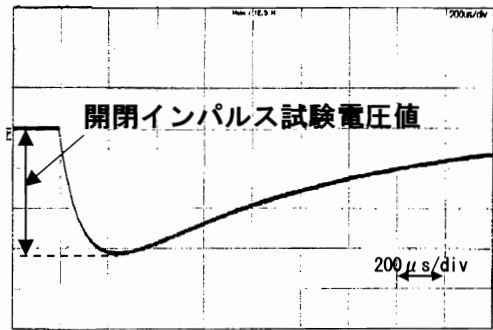
図4に示すインパルス電圧を-50kVから-5kV毎に昇圧し、各電圧を3回課電する毎に試料の電気トリー発生の有無を確認した。試料数は各電圧に対してそれぞれ3試料とした。得られた電気トリー発生電圧値を表1に示す。

3.2. インパルス課電試験条件

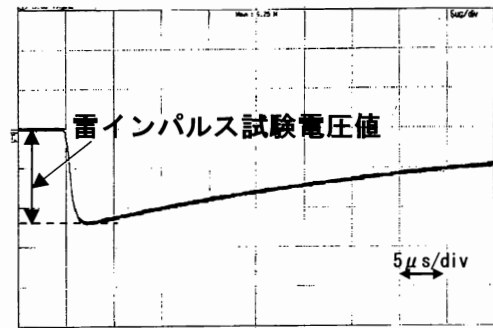
インパルス課電の試験電圧値は、3.1で調査したインパルス課電による電気トリー発生平均電圧値の80%とし、開閉インパルスは-80kV、雷インパルスは-70kVに設定した。

繰り返し開閉インパルス課電回数については2000回まで行い、500回、1000回、2000回の各課電回数時に水トリー長を測定した。

繰り返し雷インパルス課電は、繰り返し開閉イ



(a) 開閉インパルス電圧波形



(b) 雷インパルス電圧波形

図4 インパルス試験電圧波形

Fig.4 Impulse voltage waveforms.

表1 インパルス課電時の電気トリー発生電圧

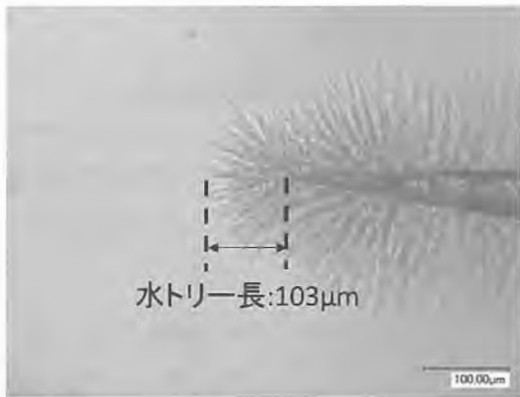
Table.1 Electrical tree initiation voltage under impulse voltages.

インパルス電圧種別	開閉インパルス			雷インパルス			
	試料	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	3-6
電気トリー発生電圧 [kV]		-95	-100	-110	-80	-90	-95
平均 [kV]		-102			-88		

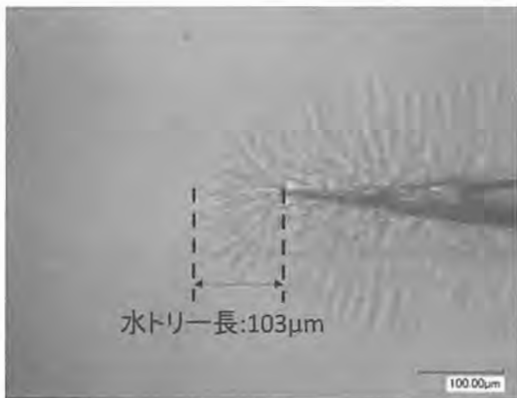
ンパルス課電後に引き続き実施した。なお、雷インパルス課電については、開閉インパルス課電との波形による水トリー伸展の差異を確認するため、-70kVから試験を行い、-5kV毎で開閉インパルス試験電圧値の同値の-80kVまで昇圧し、各電圧で5回課電する毎に水トリー長を確認した。

4. 繰り返しインパルス課電試験結果

3.2 で定めた試験条件により、2.2 で定めた条件で事前課電した各5試料を対象として試験を実施した。図5(a)、(b)に代表試料4-3のインパルス課電試験前後の水トリー発生状況、図6(a)、(b)に水トリー長と開閉・雷インパルス課電回数の関係を示す。図6より、開閉・雷インパルス共に課電試験前後で水トリー長の変化はほとんどなく、繰り返し開閉・雷インパルスによる有意な水トリーの伸展は認められなかった。



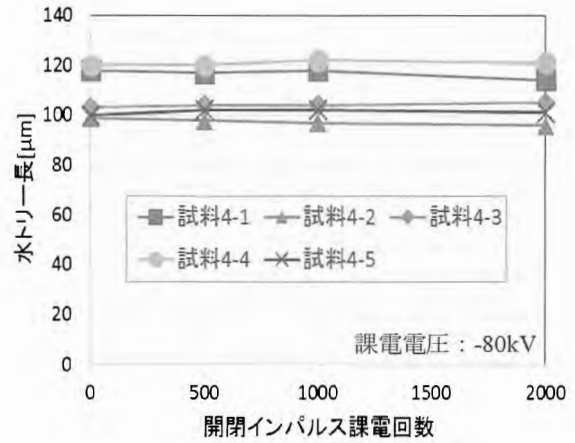
(a) インパルス課電試験前 (試料4-3)



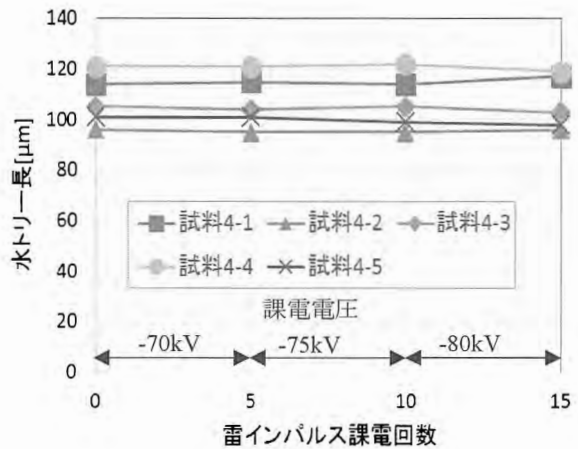
(b) インパルス課電試験後 (試料4-3)

図5 インパルス課電試験前後の水トリー (試料4-3)

Fig.5 Water tree(sample 4-3) before and after impulse voltage application examination.



(a) 開閉インパルス課電



(b) 雷インパルス課電

図6 水トリー長とインパルス課電回数の関係

Fig.6 Relationship between water tree length and number of applied impulses.

5. まとめ

インパルスの繰り返し課電が水トリー伸展に与える影響について明らかにするため、伸展が未飽和状態の水トリーを発生させた試料に対して開閉・雷インパルスの繰り返し課電を行った。その結果、試験前後で特に水トリー長に変化はなく、繰り返し開閉・雷インパルス課電による有意な水トリーの伸展は認められなかった。

以上より、CV ケーブルの水トリー伸展に、インパルス課電は影響を与えていないと考えられる。

参考文献

- 1) 電気協同研究会：「CV ケーブルおよび接続部の高電圧試験法」, 電気協同研究, 第 51 巻, 第 1 号, pp.32-44(1995)
- 2) 戸谷他：「66kV 実布設劣化 CV ケーブルの耐インパルス特性」, 平成 7 年電気学会電力・エネルギー部門大会, 501 (1995)
- 3) 戸谷他：「インパルス電圧の劣化ケーブルに与える影響」, 平成 8 年電気学会電力・エネルギー部門大会, 554 (1996)
- 4) 戸谷他：「雷インパルス電圧に対する水トリーの有害性評価」, 平成 9 年電気学会電力・エネルギー部門大会, 522 (1997)
- 5) 永田他：「ケーブル水トリー進展に伴うインパルス有害性評価」, 平成 25 年電気学会電力・エネルギー部門大会, 306 (2013)

(2016 年 6 月 22 日受理)

著者略歴



浅野 正裕 (あさの まさひろ)

1986 年 8 月 6 日生。2011 年 3 月九州大学大学院システム情報科学府修士課程修了。同年 4 月関西電力株式会社入社。現在、研究開発室 技術研究所 流通技術研究室 (工務) にて地中送電設備に

関する技術研究業務に従事。電気学会会員。第 299 回電気材料技術懇談会『若手研究発表会』発表奨励賞受賞。



福田 欣也 (ふくだ きんや)

1965 年 10 月 7 日生。1991 年 3 月神戸大学大学院工学研究科電気工学専攻修了。同年 4 月関西電力株式会社入社。現在、研究開発室 技術研究所 流通技術研究室 (工務) にて地中送電設備に関する技

術研究業務に従事。電気学会会員。



伊田 維斗 (いだ ゆきと)

1989 年 3 月 16 日生。2014 年 3 月大阪大学大学院工学研究科環境・エネルギー工学専攻博士前期課程修了。同年 4 月住友電気工業株式会社入社。主として電力ケーブルおよび機器の開発に

従事。現在、電力事業部技術開発部システムグループに所属。



岡本 岳 (おかもと がく)

1970 年 10 月 18 日生。1993 年 3 月京都工芸繊維大学工学部電子情報工学科卒業。同年 4 月住友電気工業株式会社入社。主として電力ケーブルおよび機器の設計・開発に従事。現在、電力事業

部機器技術部送電機器グループに所属。電気学会会員。