

直流課電下における木材のトラッキング による発火現象

菊 地 光 一・吉 村 昇*

Ignition Phenomena of Wood by Tracking Caused by Applying of DC

Koichi KIKUCHI, Noboru YOSHIMURA
(昭和59年10月30日受付)

A leakage current is ready to flow on the surface of moist and/or damaged wood, and it sometimes causes a fire. Several reports have appeared on the instances of fires caused solely by the tracking. However, the details of the ignition mechanism and the charring process are still to be known.

The present report aims to clarify the complex mechanism of electric ignition and the charring process of wood by applying the IEC 112 Tracking-proof test to Akita cryptomerias using three kinds of electrolytes. The electrodes used in the experiment are made of brass. The distances between the two electrodes are 4mm, 6mm, 8mm, . . . and 30mm.

The main results are as follows.

- (1) A large amount of the residue can prevent the leakage current from flowing.
- (2) As the applied voltage becomes lower and the distance between the electrodes becomes longer, the more residue is obtained.
- (3) Charring buds are most likely to grow around the positive electrode.
- (4) Wood is ready to catch fire immediately after the charring pass is completed.

1. ま え が き

木材の表面が湿潤汚損により吸水した場合、課電により、漏れ電流が流れ、木材が炭化して、発火することは既に知られており^{1)~3)}また電気分解法によ

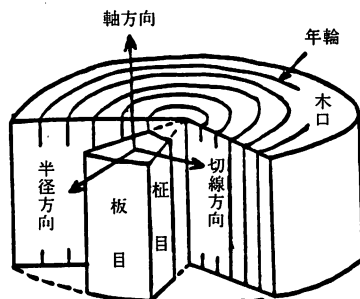
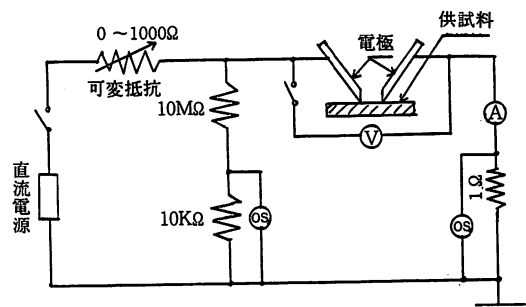


図1 杉材モデル

Fig.1 Model of cross section of cryptomeria

り、純銀を析出させる電気化学工場で使用していた一部木製の電解そうが変質して自然発火した火災事故例⁴⁾等が報告されている。

しかし木材の直流課電におけるトラッキングによ



A: ampere meter

V: volt meter

OS: oscilloscope

図2 実験回路

Fig.2 Experimental circuit

* 秋田大学鉱山学部電気工学科

る炭化過程や、発火現象についての研究資料は、殆んどないのが現状である。

本研究は湿潤汚損を受けた木材に、直流電圧を印加した場合について、トラッキングによる発火現象を追求するため、IEC112 耐トラッキング試験法に準じた方法で実験した。

供試料は秋田県主要材産品の杉材を用いた。杉材の主成分セルロースは長鎖の高分子材料であり、一般高分子材料のトラッキングによる発火現象の解析にも有力な情報の提供を期待し、低価格で入手の容易なのに着目して実験を遂行した。

試験液は三種類で、使用した電極は黄銅電極で、主として、次のような点について検討を行った。

- (1) トラッキングによる炭化の過程
- (2) トラッキングによる発火過程
- (3) トラッキングによる発火限界

2. 供試料、実験方法

2.1 供 試 料

供試杉材モデルを図1に示す。供試杉材は秋田県主要林産品である杉材を軸方向に直角に切断したものを、寸法は60×60×20mmである。

本実験に用いた杉材は気乾状態のものを用い、含水率の平均は12%で、含水率は乾量基準の含水率を用いた。

2.2 実 験 方 法

実験回路は図2に示す。電極間に滴下する試験液はNaCl0.1重量%（以下NaCl0.1%と呼ぶ）、NaCl0.5重量%（以下NaCl0.5%と呼ぶ）、水道水の三種類でその抵抗率は表1に示す。

実験方法はIEC耐トラッキング性試験法112に準じた方法で、短絡電流は1Aで滴下装置は30秒に1滴、滴下するものとし、その高さは30mmである。

直流電源は0～500Vまで可変出来る、直流安定化電源を利用し、電源の電圧リプルは0.5%である。

実験は供試杉材の軸方向（木口面）および板目面について行った。

電極の配置図は図3に示す。シンクロスコープはソニーテクトロニクス644型、100MHZメモリスコープを用いた。

3. 実験結果と考察

3.1 短絡完成までの試験液、試料表面の挙動

ここで言う『短絡完成』とは、『二電極間に0.8A以上の短絡電流が2秒以上継続して、流れる場合』を言う。

また『最初の発火』とは『二電極間に、炭化導電

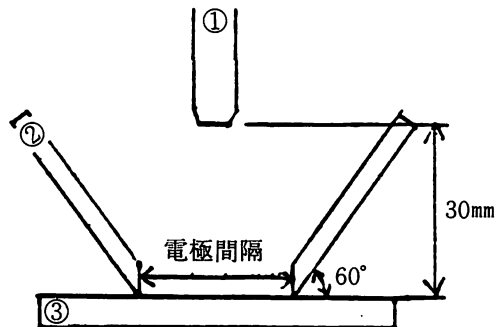


図3 電極と滴下装置の配置図

- ①：試験液滴下装置
（30秒に1滴自動的に滴下）
- ②：電極（黄銅電極）
- ③：供試料（秋田杉）
寸法 60×60×10mm

Fig.3 Arrangement of electrolyte-drop device

表1 試験液の抵抗率

Table 1. Resistivity of the test electrolyte

試験液の種類	試験液の抵抗率 (20℃) ($\Omega \cdot \text{cm}$)
0.5% NaCl	66.4
0.1% NaCl	427.4
水道水	7500.0

路完成直後、発火に至り、燃焼状態が2秒以上継続した場合をいう。なお『トラッキング完成』とは『二電極間に0.5A～0.8Aの電流が2秒以上継続した場合』をいう。発火が瞬間的で、燃焼がすぐ止まる場合と継続する場合がある。

試験電圧200V、NaCl0.5%、電極間隔4mmの場合の試料表面の試験液、炭化の過程、発火現象等に関する代表的モデルを図4に示す。

滴下された試験液の大部は供試杉材に吸収され、滴下数が大になるに従って、吸水領域が拡大する。供試料表面の試験面に付着した水は、その大部は漏れ電流によるジュール熱によって約数秒間に蒸発する。

- ① 1滴目、試験液は滴下後、陽極側で主に蒸発し約3秒で試験面表面の蒸発を終える。蒸発直後陽

直流課電下における木材のトラッキングによる発火現象

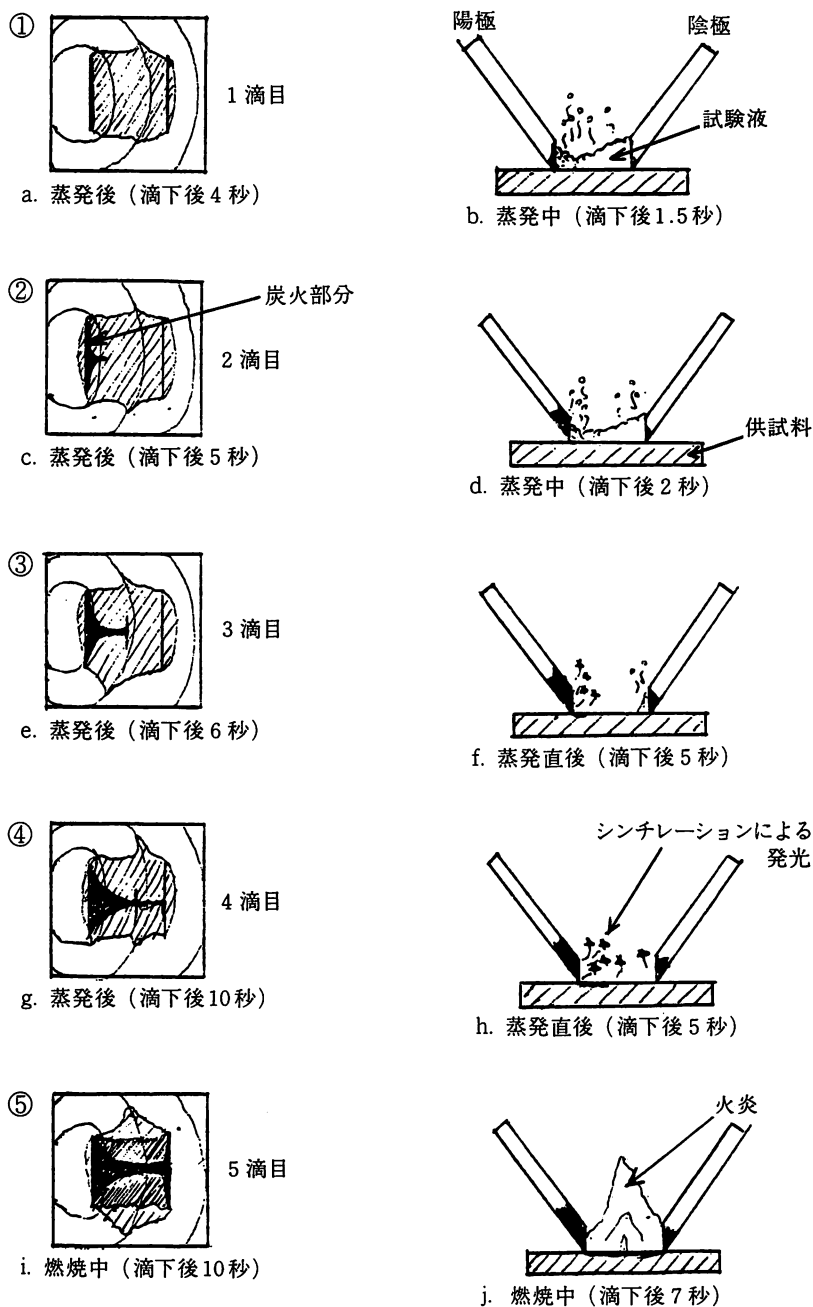


図 4. 試験電圧 200V, 試験液 NaCl 0.5 % の場合の短絡完成までの供試料表面状態のモデル

(電極: 木口面年輪方向と直角方向に対向)

Fig. 4 Surface model of samples in case of short-circuit completed between two electrodes

(Test voltage : 200V, Test solution : NaCl 0.5%)

極付近で、シンチレーションが発生し、炭化の芽が出来る。

- ② 2 滴目、試験液は滴下後 4 秒で試験面表面の蒸発を終え、蒸発直後シンチレーションが発生し、炭化部が成長する。
 - ③ 3 滴目、試験液は滴下後、約 5 秒で試験面表面の蒸発を終える。蒸発直後炭化部の先端にシンチレーションが発生し、電極間中央部まで進展する。
 - ④ 4 滴目、試験液は滴下後約 4 秒で試験面表面の蒸発を終える。蒸発直後シンチレーションが発生し、炭化導電路は負極まで伸び、炭化導電路完成直後、一瞬発火する。
 - ⑤ 5 滴目、試験液は約 3 秒で試験面表面の蒸発を終える。蒸発後約 4 秒間燃焼し続け、『短絡完成』となり、短絡電流約 0.8 A 以上が流れるようになると燃焼が停止する。電極間を完成した炭化導電路に電流が流れ、この例では短絡完成後、炭化部の一部が筋状となり、筋状部が赤熱状態となって、電極を橋絡する。赤熱部の温度は色温度からの推定で約 800℃ 程度と思われる。赤熱筋状部の周辺は炭化されており、燃焼に必要な可燃性ガスの発生がないため燃焼による、火炎は見られない。
- 以上は電極間が短絡完成状態となっても、燃焼が継続しない場合の代表的モデルである。

試験液 NaCl, 試験電圧 200 V 以上、電極間隔 10 mm 以上の場合で後述のように、燃焼が継続する場合がある。燃焼が継続する場合も炭化の進展状態は図 4 のような傾向をたどる。

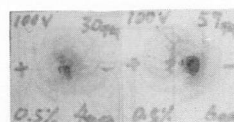
NaCl 0.5% の場合のトラッキング完成直後の炭化根跡の例を図 5 に示す。電極間隔が長くなる程、同電圧では炭化部の広がりが大きくなる。

また炭化導電路完成直後、最初の発火に至る場合その発火中の事例を図 6 に示す。電極中央部の火勢が最も強い。

炭化の芽の発生と残査について考察した結果を次に示す。

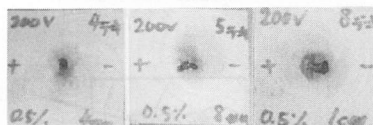
試験液の蒸発は陽極付近が陰極付近に比して早い、その理由は、陽極近傍に存在する液体（試験液と溶出金属および木材よりしみ出た物質との総体的反応物質）が陽極近傍に発生するガスの気泡によって、かくはんされ、水分の蒸発が促進される⁵⁾ 結果と思われる。

陽極付近の水分蒸発が促進される結果、ドライバンドが発生し、そのドライバンドにシンチレーションがつき、炭化の芽が発生する。そのシンチレーションによる熱のため炭化の芽の先端部にドライバン



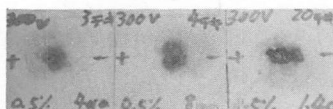
D: 4 mm D: 6 mm

a. 試験電圧: 100V



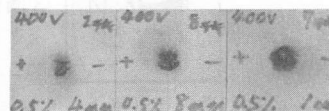
D: 4 mm D: 8 mm D: 10 mm

b. 試験電圧: 200V



D: 4 mm D: 8 mm D: 14 mm

c. 試験電圧: 300V



D: 4 mm D: 8 mm D: 10 mm

d. 試験電圧: 400V

図 5 短絡完成直後の炭化銀跡

(試験液: NaCl 0.5%, 電極: 木口面年輪方向と直角に対向, D: 電極間距離)

Fig. 5 Charring track in case of short-circuit completed between two electrodes

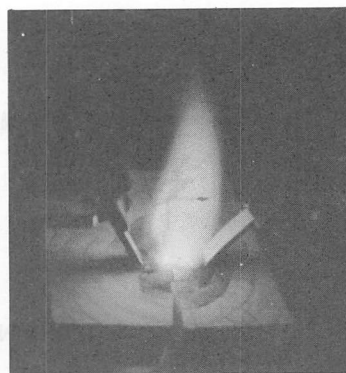


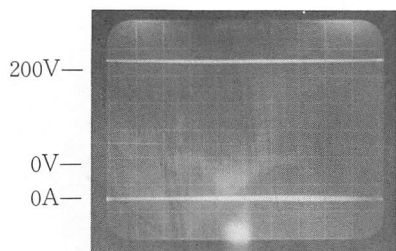
図 6 発火中の例

(試験電圧: 400V, 電極間距離: 18mm, 試験液:

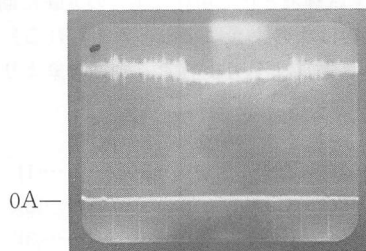
NaCl 0.5%, 電極: 木口面年輪方向と直角に対向)

Fig. 6 Example of ignition

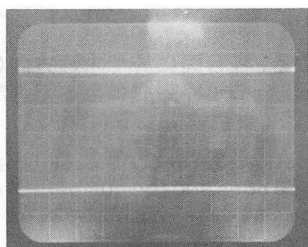
直流課電下における木材のトラッキングによる発火現象



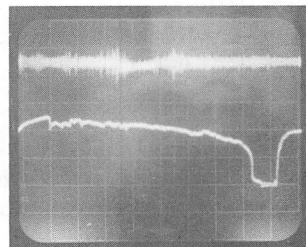
① 実験直前



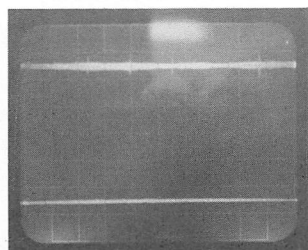
⑤ 3滴目試験液蒸発後シンチレーション発生中（滴下後7秒）



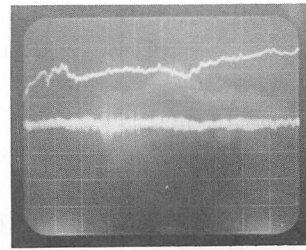
② 1滴目試験液蒸発中（滴下後1.5秒）



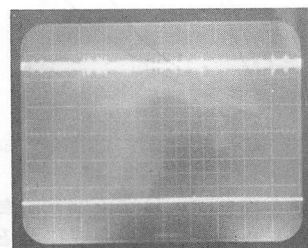
⑥ 4滴目最初の発火直後（滴下後5秒）



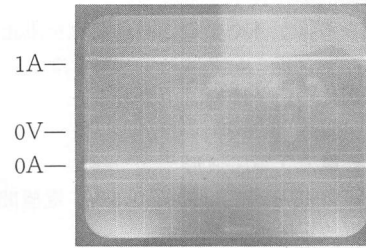
③ 1滴目試験液蒸発後シンチレーション発生中（滴下後4秒）



⑦ 5滴目燃焼中（滴下後5秒）



④ 2滴目試験液蒸発後シンチレーション発生中（滴下後5秒）



⑧ 5滴目短絡完成（滴下後10秒）

図7 電圧・電流波形の例

（試験電圧：200V，電極間隔：4 mm，試験液：NaCl0.5%，
電極：木口面年輪方向と直角に対向）

Fig. 7 Waveforms of current and voltage

1ms / div
50 V / div
0.2 A / div

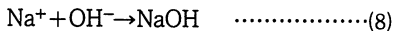
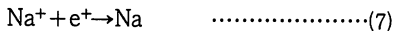
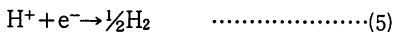
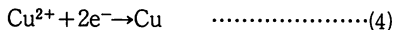
ドが発生し、それにシンチレーションがつき、陰極に向って炭化部は漸次成長する。

NaCl を試験液として用いた場合の実験初期における化学反応は次のようになると考えられる。⁶⁾ 木材よりしみ出た物質は不明なので、検討対象より除外した。

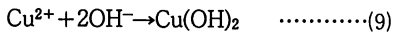
陽極側では



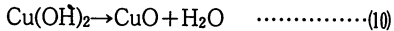
負極側では



また試験電圧が400 V 以上で、電気化学反応が相当進んだ時には、次のような化学反応が考えられる。



(青白色)



(黒)



(白味かかった無色)



(茶褐色)



以上のような反応物が残査の中に含まれ、これにシンチレーションによって発生する木材の化学反応物質（主として炭素と思われる。）をも含有する。

残査の量は、試験電圧 100V 以上では試験電圧が低く、電極間隔が長くなる程多い。

なお残査の量が多くなると漏れ電流を阻止する働きがあり、トラッキングは発生し難くなる。

その原因については検討中である。

3・2 電流・電圧波形

図7に試験電圧200V, NaCl0.5%, 電極間隔4mmの場合の電流電圧波形を示す。

- ① 試験直前のもので、電圧200V, 電流0Aである。
- ② 1滴目の試験面表面の試験液が蒸発中のもので電流は0.1A近く流れ、電圧は約190Vを示す。
- ③ 1滴目試験面表面の試験液蒸発後、シンチレーションの発生中のもので、若干のパルスが発生する。
- ④ 2滴目試験面表面の試験液蒸発後のシンチレー

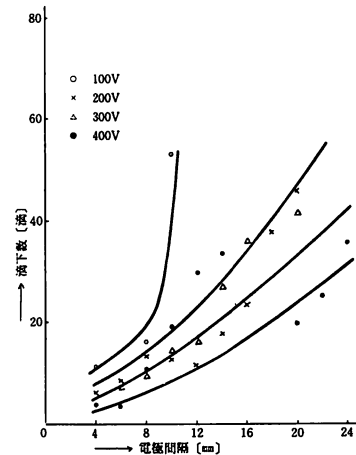


図8 電極を板目面に於て木理方向に対向した場合の短絡完成に至る電極間隔と滴下数（試験液：NaCl 0.5%）

Fig. 8 Relation between the distance of two electrodes and the numbers of electrolyte drops in case of short-circuit completed between two electrodes. Electrodes set up along grain direction on tangential section (Test solution : 0.5% NaCl)

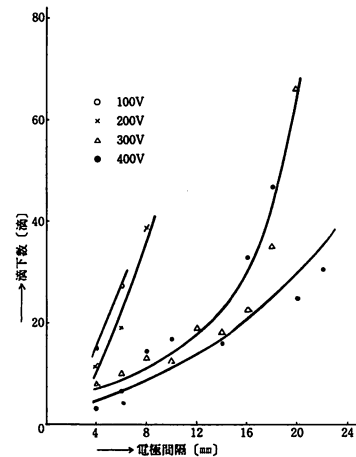


図9 電極を板目面に於て木理と直角方向に対向した場合の短絡完成に至る電極間隔と滴下数（試験液：NaCl 0.5%）

Fig. 9 Relation between the distance of two electrodes and the numbers of electrolyte drops in case of short-circuit completed between two electrodes. Electrodes set up across grain direction at right angle on tangential section. (Test solution : NaCl 0.5%)

直流課電下における木材のトラッキングによる発火現象

ション発生中のもので、③よりもパルスの発生が激しい。

- ⑤ 3滴目試験面表面の試験液蒸発後のシンチレーションの発生を示し、パルスの発生ひん度は④より一段と大となる。
- ⑥ 4滴目発火直後のもので、電流値は急激に上昇し、電流値の変動も激しい。
- ⑦ 5滴目の燃焼中を示し、電圧は80V程度まで低下し、電流は0.8A前後で、電圧・電流とも激しく変動する。電流値が激しく変動するのは、供試料表面や火炎の様態が変化するにつれて、電流値が変化するためと思われる。
- ⑧ 5滴目燃焼が中止して、電流の通路が赤熱状態となり、電流は約1A近くで安定し、電圧は0V付近で安定する。

3・3 短絡完成に至る電極間隔と滴下数との関係

短絡完成に至る電極間隔と滴下数との関係を、試験液 NaCl0.5% の場合を、図8、図9、図10に示す。

電極を板目面に於て、図8は木理方向に対向した場合、図9は木理方向と直角方向に対向した場合を示し、図10は木口面で電極を年輪方向に直角に対向した場合を示す。いずれの場合も100Vの曲線の傾斜は急で、電圧が高くなるに従って、曲線の傾斜はゆるくなるが、バラッキは大となる。

電極を板目面木理方向に対向した場合、電極間隔が同じ場合、短絡完成に至る滴下数は、他の場合よりも少く、電流は木理や年輪と直角方向よりも、木理の方向に沿って流れ易い。

また試験液 NaCl0.1% の場合の短絡完成に至る電極間隔と、滴下数との関係を図11、図12、図13に示す。

いずれの場合も電極間隔の増加につれて、滴下数は直線的に急激に増加する傾向が顕著であり、曲線の傾向も似ている。

なお試験液 NaCl0.1% の場合は100Vでは短絡完成には至らない。

短絡完成時に燃焼が継続する場合と、継続的に燃焼する場合と燃焼せず赤熱状態の筋状電流通路が存在する場合がある。この筋状赤熱部の発生は、最初の発火速に形成された乱層構造の炭素が、その後のシンチレーション、炭素中を流れジュール熱によって、ある程度規則性を持った炭素の構造に変化し、その抵抗値の少い部分を電流が筋状に流れるためと思われる。

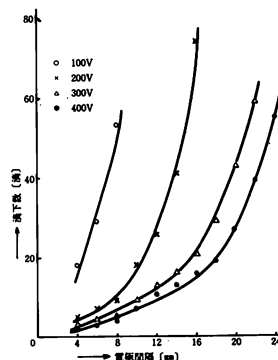


図10 電極を木口面年輪方向と直角に対向した場合の短絡完成に至る電極間隔と滴下数（試験液：NaCl0.5%）

Fig. 10 Relation between the distance of two electrodes and the numbers of electrolyte drops in case of short-circuit completed between two electrodes. Electrodes set up across annual ring at right angle on cross section (Test solution : NaCl 0.5%)

Table 2 The distance of two electrodes up to the first ignition and the completion of short-circuit for each value of applied voltage

L : distance of two electrodes [mm], Electrodes set up across annual ring at right angle on cross section (Test solution : NaCl 0.5%)

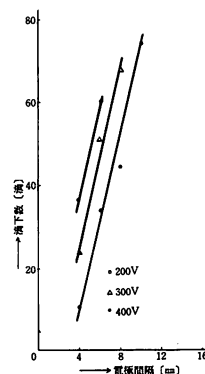


図11 電極を板目面に於て、木理方向に対向した場合の短絡完成に至る電極間隔と滴下数（試験液：NaCl0.1%）

Fig. 11 Relation between the distance of two electrodes and the numbers of electrolyte drops in case of short-circuit completed between two electrodes. Electrodes set up along grain direction on tangential section (Test solution : NaCl 0.1%)

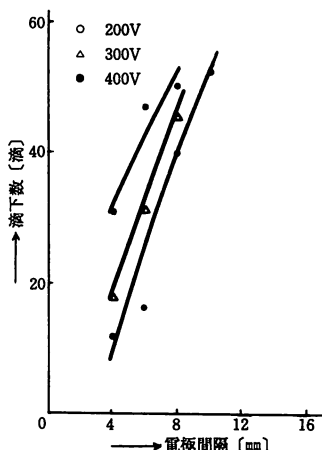


図12 電極を板目面において木理と直角方向に対向した場合の短絡完成に至る電極間隔と滴下数 (試験液: NaCl 0.1%)

Fig. 12 Relation between the distance of two electrodes and the numbers of electrolyte drops in case of short-circuit completed between two electrodes. Electrodes set up across grain direction at right angle on tangential section (Test solution : NaCl 0.1%)

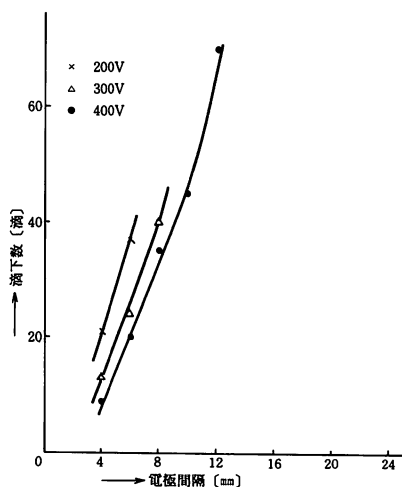


図13 電極を木口面年輪方向と直角方向に対向した場合の短絡完成に至る電極間隔と滴下数 (試験液: NaCl 0.1%)

Fig. 13 Relation between the distance of two electrodes and the numbers of electrolyte drops in case of short-circuit completed between two electrodes. Electrodes set up across annual ring at right angle on cross section (Test solution : NaCl 0.1%)

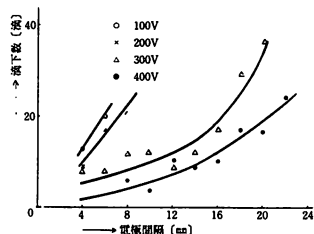


図14 電極を板目面に於て木理と直角方向に対向した場合の最初の発火に至る電極間隔と滴下数 (試験液: NaCl 0.5%)

Fig. 14 Relation between the distance of two electrodes and the numbers of electrolyte drops up to the first ignition. Electrodes set up along grain direction on tangential section (Test solution : NaCl 0.5%)

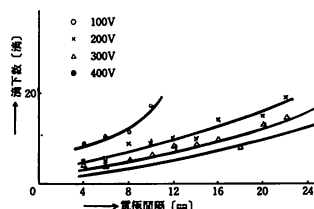


図15 電極を板目面に於て木理方向に対向した場合の最初の発火に至る電極間隔と滴下数 (試験液: NaCl 0.5%)

Fig. 15 Relation between the distance of two electrodes and the numbers of electrolyte drops up to the first ignition. Electrodes set up along grain direction on tangential section (Test solution : 0.5% NaCl)

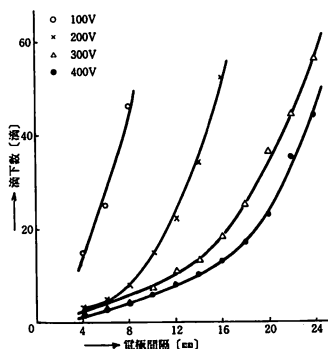


図16 電極を木口面年輪方向に対向した場合の最初の発火に至る電極間隔と滴下数 (試験液: NaCl 0.5%)

Fig. 16 Relation between the distance of two electrodes and the numbers of electrolyte drops up to the first ignition. Electrodes set up across annual ring angle on cross section (Test solution : NaCl 0.5%)

直流課電下における木材のトラッキングによる発火現象

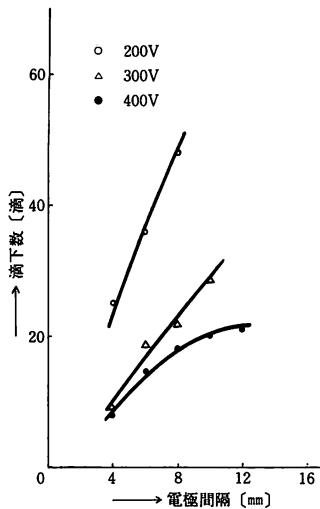


図17 電極を板目面に於て木理方向に対向した場合の最初の発火に至る電極間隔と滴下数 (試験液: NaCl 0.5%)

Fig. 17 Relation between the distance of two electrodes and the numbers of electrolyte drops up to the first ignition. Electrodes set up along grain direction on tangential section (Test solution : NaCl 0.5%)

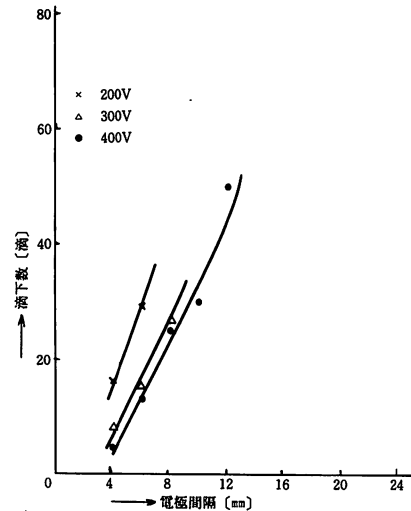


図19 電極を木口面年輪方向に対向した場合の最初の発火に至る電極間隔と滴下数 (試験液: NaCl 0.1%)

Fig. 19 Relation between the distance of two electrodes and the numbers of electrolyte drops up to the first ignition. Electrodes set up across grain direction at right angle on tangential section (Test solution : NaCl 0.1%)

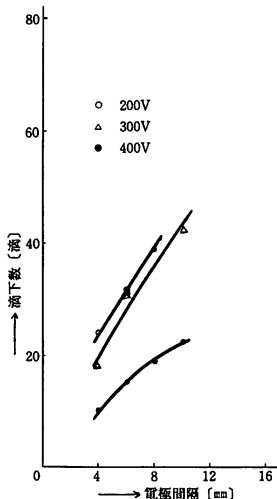


図18 電極を板目面において木理と直角方向に対向した場合の最初の発火に至る電極間隔と滴下数 (試験液: NaCl 0.1%)

Fig. 18 Relation between the distance of two electrodes and the numbers of electrolyte drops up to the first ignition. Electrodes set up across grain direction at right angle on tangential section (Test solution : NaCl 0.1%)

3・4 最初の発火に至る電極間隔と滴下数

最初の発火に至る電極間隔と滴下数との関係を、試験液 NaCl 0.5% の場合を図14, 図15, 図16に示す。

両電極間に炭化導電路が完成した直後に、最初の発火に至るが、試験液の抵抗率が等しく、同一電極間隔の場合、最初の発火に至る滴下数は、短絡完成に至る滴下数より少い。

電極を板目面に於て、木理方向に対向した図15の場合、各電圧とも図14, 図16の場合に比して、同じ電極間隔で、最初の発火に至る滴下数は、極度に低い。図15で試験電圧 100V の場合、電極間隔 10 mm 以下では 20 滴以下で最初の発火に至る。

このことは板目面木理方向に電極を対向した場合最も発火危険性の高いことを示唆する。

また試験液 0.1% の場合を図17, 図18, 図19に示す。

試験液 0.1% の場合も板目面木理方向に電極を対向した場合、同一電極間隔では、最初の発火に至る滴下数も他の場合よりも低い。

図17, 図18, 図19とも 100V では最初の発火には至らず 200V, 300V の場合は電極間隔の増加につれて、滴下数は、ほぼ直線的に急激に上昇する。

それぞれの試験電圧に対して、最初の発火に至る

表 2 それぞれの試験電圧に対して最初に発火に至る電極間隔と短絡完成に至る電極間隔 (L : 電極間隔 [mm])
(電極は木口面に於て年輪方向に直角に対向)

Table.2 The distance of two electrodes up to the first ignition and the completion of short-circuit for each value of applied voltage

L : distance of two electrodes [mm], Electrodes set up across annual ring at right angle on cross section.

a. 試験液 NaCl0.5%の場合								
最初に発火に至る電極間隔					短絡完成に至る電極間隔			
L (mm)	100V	200V	300V	400V	100V	200V	300V	400V
4	15	3	2	2	18	5	3	2
6	25	5	3	3	30	7	4	3
8	45	8	4	4	54	10	5	4
10	—	15	7	6	—	18	9	7
12	—	22	11	8	—	26	14	11
14	—	34	13	10	—	42	16	13
16	—	52	18	13	—	76	22	16
18	—	—	25	17	—	—	30	20
20	—	—	36	23	—	—	44	28
22	—	—	44	35	—	—	60	40
24	—	—	—	44	—	—	—	56
b. 試験液 NaCl0.1%の場合								
最初に発火に至る電極間隔					短絡完成に至る電極間隔			
L (mm)	100V	200V	300V	400V	100V	200V	300V	400V
4	—	16	9	6	—	21	13	9
6	—	24	15	13	—	37	24	21
8	—	—	27	25	—	—	40	35
10	—	—	—	30	—	—	—	45
12	—	—	—	50	—	—	—	69
c. 水道水の場合								
最初に発火に至る電極間隔					短絡完成に至る電極間隔			
L (mm)	200V	300V	400V	500V	200V	300V	400V	500V
4	—	—	18	11	—	—	52	21
6	—	—	—	40	—	—	—	79

電極間隔と短絡完成に至る電極間隔を表 2 に示す。

試験液が水道水の場合は、滴下数 80 滴以下で、電極間隔 4 mm の場合は、400V 以上で、また電極間隔 6 mm の場合は 500V 以上で、最初の発火に至り、発火危険性があることを示唆する。

3・5 最初の発火に至る発火領域

試験液の滴下数 80 滴以下で、最初の発火に至る発火領域を、試験電圧と電極間隔をパラメータとして

図20、図21、図22に示す。

図21は電極を木口面に於て、年輪方向に対向した場合であるが、試験液 NaCl0.5% の場合の発火領域は A B C D E F G に囲まれた面積であり、試験液 NaCl 0.1 % の場合の発火領域は H I J K L G に囲まれた面積である。また試験液水道水の場合は M L O G に囲まれた面積が発火領域となる。

同じ試験電圧、電極間隔で試験液 80 滴以下で、最初の発火に至る場合と最初の発火に至らない場合が

直流課電下における木材のトラッキングによる発火現象

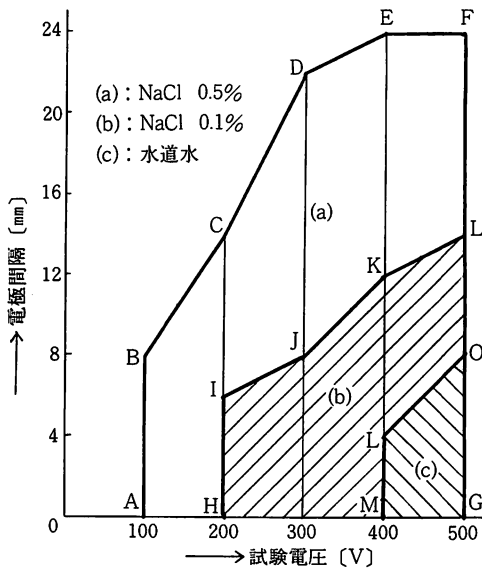


図20 電極を木口面に於て年輪方向と直角方向に対向した場合の最初の発火に至る領域

Fig. 20 The ignition area of cryptomeria in dry air
Electrodes set up across annual direction on cross section

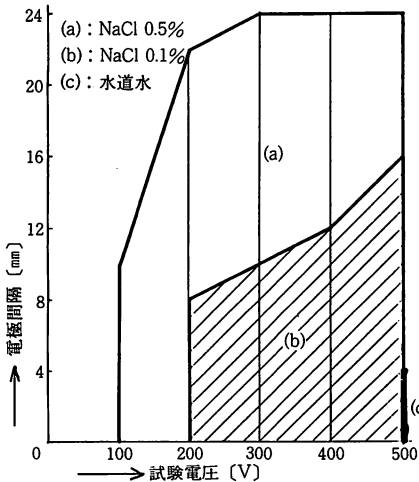


図21 電極を板目面に於て木理方向に対向した場合の最初の発火に至る領域

Fig. 21 The ignition area of cryptomeria in dry air
Electrodes set up along grain direction on tangential section

あるので、図20、図21、図22は供試料中、50%以上、最初の発火に至る場合を『最初の発火に至る』と仮定して作図した。

図20、図21、図22の発火に至る領域では、試験液 NaCl の場合は試験電圧 400V 以上の場合は約80%以上、最初の発火に至る。試験電圧が低くなるに従って、最初の発火に至る発火発生率、(電極間隔が等しく、抵抗率の等しい試験液を使用した場合、供試料中、最初の発火に至る%)は低くなり、前述のように発火発生率50%以上を図示した。

試験液 NaCl0.5% の場合、電極を板目面に於て、年輪方向に対向した場合、最初の発火に至る領域が、一番大きく、板目面に於て木理方向に対向した場合、最初の発火に至る領域は一番小である。

また試験液 NaCl0.1% の場合は、板目面木理方向に対向した場合、発火に至る領域は一番大きいが、図20、図22の発火に至る領域の差は小である。

なお水道水の場合、図20の発火に至る領域が、図21、図22の場合に比して、大きな領域になっている理由については検討中である。

試験液 NaCl0.5% の場合は直流 100V で、発火危険性があるが、更に低い電圧でも、滴下数を増加し、

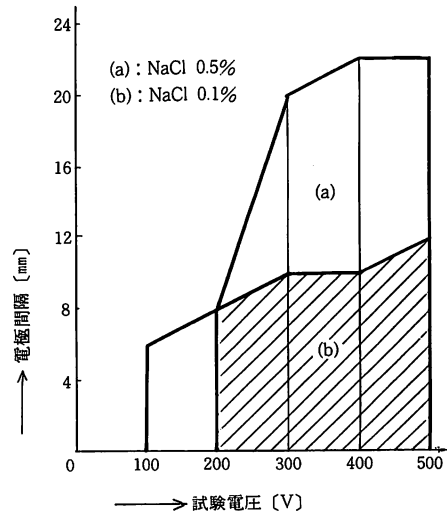


図22 電極を板目面に於て木理方向と直角方向に対向した場合の最初の発火に至る領域

Fig. 22 The ignition area of cryptomeria in dry air
Electrodes set up across grain direction at right angle on tangential section

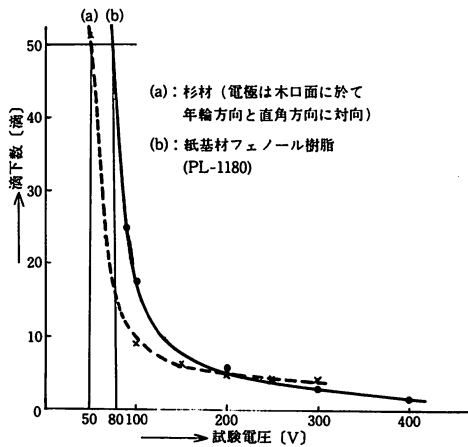


図23 杉材と紙基材フェノール樹脂のCTIに準ずる指数の比較
(試験液: NaCl 0.5%, 電極間隔: 4 mm)

Fig. 23 The comparison of the applied voltages to cryptomerias and paper phenolic laminates corresponding 50 drops of electrolyte

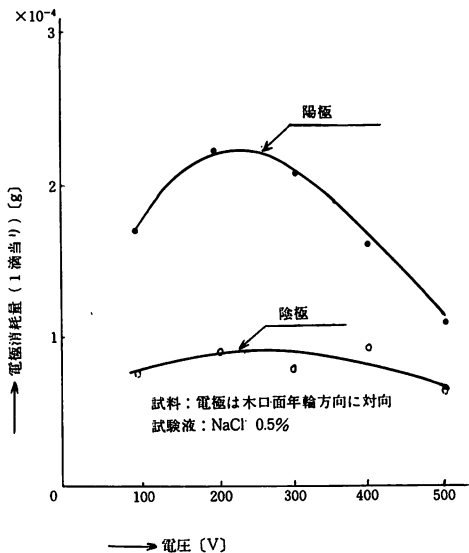


図24 電極消耗量

Fig. 24 Consumption weight of electrode

長時間実験を継続することにより、発火危険性のあることが予想されるので、この点についても今後研究を進める予定である。

本実験における木材の発火の機構は次のように考えられる。

木材の局部的ドライバンドにシンチレーションがつき、炭化の芽が出来、炭化部が漸次成長して、電極間を炭化路が完成する直前にシンチレーションが著しく活発となる。そのシンチレーションは数箇所～数10箇所発生し、シンチレーションの熱によって、短時間に集中的に、熱エネルギーを供試料に与え木材が熱劣化を起こし、可燃性ガスが発生する。

間もなく炭化導電路が完成すると、炭化導電路中を流れる電流のジュール熱によって木材は加熱されるとともに、木材表面近傍にある可燃性ガスに引火して『最初の発火』に至る。

『最初の発火』に至り、燃焼が継続するかどうかは、燃焼に必要な可燃性ガスが継続的に供給されるかどうかにかかっている。

熱放射による木材発火時の表面温度はFonsやAkitaらの間接測定の結果⁷⁾によれば343～493℃であり、燃焼が継続するためには、約500℃以上の表面温度が維持され、燃焼継続に必要な可燃性ガスが供給される必要がある。

最初の発火に至る限界内で電圧が高く、電極間隔が長く、試験液がNaClの場合は、可燃ガスの供給面積が広くなり、連続的に燃焼し易くなる。

更に電極間隔が狭い場合は、電極を通しての放熱量が増大し、発火が継続しにくくなる要因のひとつとなる。

3・6 紙基材フェノール樹脂と杉材のCTIに準ずる指数の比較

紙基材フェノール樹脂 (PL-1180) と杉材のCTIに準ずる指数 (試験液滴下数50滴における試験電圧) との比較した結果の一例を図23に示す。

杉材は木口面に於て、電極を年輪方向に対向した場合で、フェノール樹脂 (PL-1180) よりも、CTIに準ずる指数は大きい。

しかし試験電圧が250Vを超えると、トラッキングに至る滴下数が杉材の方が低くなる。

3・7 電極の消耗

陽極の消耗が陰極に比して、著しい。試験液NaCl 0.5%の場合について、電極の消耗量を調査した。0.5% NaCl 試験液の場合について滴下数5滴で試験を中止し、電極に付着する残渣を取り除き、5滴目における減量を調査した結果を図24に示す。これは最初の発火に至る以前のものである。黄銅電極の材

直流課電下における木材のトラッキングによる発火現象

質は銅60%, 亜鉛40%で、電極の減量の原因は、電極から金属を溶出する電気化学的反応が顕著であるためである。⁵⁾

溶出金属化合物は、銅または亜鉛の酸化物、塩化物、アミン錯体と思われる。⁵⁾

図24で電極の消耗量は陽極は陰極よりも大でいずれも電圧200V~300V間でピークを示す。その原因については検討中である。

4. あ と が き

秋田県産杉材に直流電圧を加え、耐トラッキング試験法112に準ずる方法で、トラッキングによる発火現象について、検討した。

本論文で得られた結果の要旨は次のとおりである。

- (1) 試験液の蒸発は陽極付近が早く、陰極付近にドライバンドが発生し易く、そのドライバンドに、シンチレーションがつき、炭化の芽が出来る。
- (2) 陽極付近に発生した炭化部の先端にシンチレーションがつき、炭化部は陰極に向かって成長し、炭化導電路完成間近になると陰極付近にシンチレーションが発生し、炭化導電路が完成する場合が多い。
- (3) 陽極は陰極より消耗量が大である。
- (4) 残査の量が多くなると、漏れ電流を阻止する働きがあり、残査の量は試験電圧が低く、電極間隔が長くなる程多い。
- (5) 炭化導電路完成直後に最初の発火に至る場合が多く、電圧が高い程、その傾向は強い。

最初の発火に至り、燃焼が継続する場合と直ぐ消える場合があるが、燃焼が継続する場合は、燃焼が2~3秒継続後、短絡が完成し、約0.8A以上の短絡電流が流れる場合が多い。

- (6) 短絡が完成し0.8A以上の短絡電流で燃焼が継続する場合は、試験電圧200V以上で、しかも電極間隔10mm以上の場合が多い。
- (7) 試験液NaCl0.5%の場合、電極を板目面木理方向に対向した場合(最も発火危険性大)電極間隔は試験電圧100Vの場合は10mm以下、200Vの場合は22mm以下、400Vの場合は24mm以下では発火危険性がある。
- (8) 試験液水道水の場合、電極を木口面年輪方向に対向した場合は、電極間隔は、試験電圧400Vの場合4mm以下、500Vの場合6mm以下の場合、発火危険性があるが燃焼は継続しない傾向が強い。

終りにこの実験は秋田市の文化振興研究助成の一部として実施されたものであり、秋田市当局に心か

らお礼を申しあげるとともに、協力をいただいた本校学生奈良浩君、三浦秀孝君に深謝する。

参 考 文 献

- 1) 塚本, 富樫:「漏電による出火の研究」日本火災学会論文誌, 6, 30(昭31-1)
- 2) 金原, 岩崎:「漏電出火の機構について」日本火災学会論文誌, 6, 5(昭31-1)
- 3) 東京消防庁:「電気火災原因の立証—グラフィット化による通電」電気火災, P 23(昭49)
- 4) 東京消防庁予防部調査課:「火災原因調査事例集」全国加除法令出版, P 180, 1981
- 5) 河村, 能登, 菊地:「直流による紙基材フェノール樹脂積層板のトラッキング現象」電気学会論文誌, 100A, No. 7, P 47, 1980
- 6) 菊地, 河村, 能登:「塩害を考慮した紙基材フェノール樹脂積層板の直流トラッキング現象」電気設備工学会誌, 第3巻第6号, P 32, 1983
- 7) 前沢他:『火災』, 安全工学協会, P 35, 1983