

REPORT OF FIRE RESEARCH INSTITUTE OF JAPAN

Vol. 4 No. 4 Dec. 1953

消防研究所報告

第 4 卷 第 4 号

1953年12月

目 次

研 究

漏洩電流による木材の燃焼（第1報）…………… 中 内 俊 作……(1)

High Speed Flash Photography of Hose Streams……………

……………Y. KUMANO……(8)

消 防 研 究 所

東 京 都 三 鷹 市

REPORT OF FIRE RESEARCH INSTITUTE OF JAPAN

Vol. 4, No. 4

Dec. 1953

- - Contents

MEMOIRS

On the Ignition of Wood by Leakage Current of Electricity (1).....
.....S. NAKAUCHI.....(1)

High Speed Flash Photography of Hose Streams.....Y. KUMANO.....(8)

Published by

Fire Research Institute of Japan

700 Shinkawa, Mitaka-shi, Tokyo, Japan.

研究

漏洩電流による木材の燃焼

(第 1 報)

中 内 俊 作

On the Ignition of Wood by Leakage Current of Electricity (1)

S. NAKAUCHI

Ignition phenomena of wood, when a leakage current of electricity passed through it, were investigated. The possibility of kindling wood by leakage current depends on the species of wood, the degree of dryness and the thickness of the sample, the size of the electrodes, the voltage applied, the current density, the time the current passed, and so on. In this report, its dependency on the voltage of the source and the current passed, and the influence of water film produced on the wooden surface are discussed.

The samples of wood used in the experiments were cedar plates 7 mm in thickness, dried in the atmosphere. Electrodes of 2 mm in diameter each were driven into the sample and it was dipped in water and a water film was formed on its surface just before the experiment, and then, the current was sent. As the greater part of the current passed through the film of water and the Joule's heat evaporated it, dry areas appeared in the neighbourhoods of the electrodes and increased their boundaries gradually. In this stage, as nearly all the applied voltage dropped on the dried spans, if the voltage of the source was higher than a certain value, failure of insulation took place in these parts and small sparks appeared in the wooden body, leaving charred marks in it. Figs. 2 and 3 show such charred patterns.

Fig. 4 is an example of records of leakage currents in the case of open voltage 9000, short-circuited current 10 mA., and electrode distance 100 mm.

The results of my experiments showed that the possibility of kindling wood by leakage current depends not only on the current density, but greatly on the voltage applied. When the voltage of the source was 9000, a current of 8 mA could ignite wood, while it was impossible to kindle wood by any current through it when the voltage was 100.

When the distance of the electrodes was 10 mm, the voltage more than 400 was necessary to send steady current through wood for one hour, after charred

track was produced between poles. When the voltage of the source was 300, the current diminished rapidly and tended to zero after a few minutes.

A charred layer on a surface of wood produced by leakage currents does not show the characteristics of ordinary resistances, but it has a character the same as a resistance and a constant voltage discharge tube in series. An account of such an equivalent circuit will be described in the second report.

1. 緒 言

木材を通して流れる漏洩電流により木材に着火するか否か、着火するとすればどれ位の電圧電流で着火するかと言う問題は火災予防上重要な問題であるが、これに関して当所で実験した結果を報告する。

2. 実験装置

実験装置は Fig. 1 の如くである。図に示したように 10,000 V 前後の試験のときは直流を用い、1000 V 以下のときは交流を用いた。交

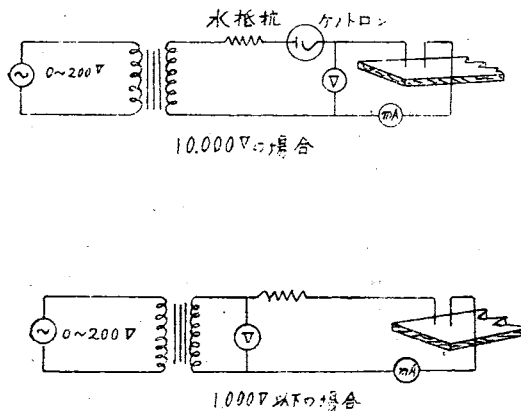


Fig. 1

流直流と使い分けた理由は単に使用計器の都合からである。10,000 V のときは電圧計に静電電圧計を電流計に直流 10 mA の記録電流計を用い、1,000 V のときは電圧計に可動鉄片型電圧計を、電流計に交流 50 mA の記録電流計を用いた。

両者の場合とも抵抗は水抵抗を用い、電圧は一次電圧を調整して加減した。

供試材料には 厚さ 7 mm、巾 200 mm、長さ 1200 mm の 杉の古材を用い、電極はこの杉板に太さ 1.5 mm の釘を板の裏面に逆突き抜ける

ように、板に垂直に打込んで作った。

3. 実験結果

3.1. 電圧 9000 V, 短絡電流 11 mA の電源によるとき。

3.1.1. 電極距離 200 mm のとき

電極間隔 200 mm の中 + 極から 10 mm の距離だけ乾燥させ、残り 190 mm は表面をぬらして電圧をかけると、電圧印加後直ちにスパークを発生し、約 2 分半継続した後水分の乾燥とともに電流減少し、スパークも消える。この 2 分半の間の電流は約 2 ~ 3 mA でこの放電に

単位 mm

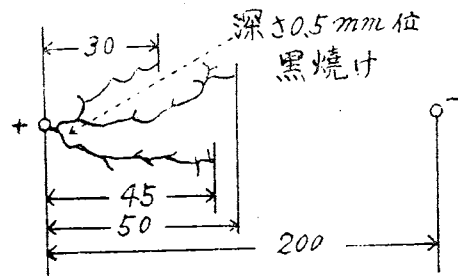


Fig. 2

より木材に残した焦げ跡は Fig. 2 の如くである。

更に今度は全面をしめらせて再び電圧をかけると、水を通して 7.5 mA の電流を通じたが水分の乾燥と共に電流を減少し、6 mA に逆減つた所でスパークを発生し始め、その後 7 分半に亘つて 6 ~ 1 mA の電流でスパークを継続した。このスパークは連続的につながらつたものでなく、板上数ヶ所に同時に長さ 1 mm 以下程度のものが発生しているのであつて、一つのスパークの継続時間は数秒~数十秒程度であり、

板の表面を電極間全面に亘つて水でぬらした場合の漏洩電流は約 10mA であるが、スパーク発生時の電流は約 5~0.5mA で樹枝状の焦げ跡の成長速度は 3.1 の場合に比してずつと遅く焦げ跡による短絡は容易に起りさうになかつた。この実験は通電 20 分で打切つた。

3.2.2. 距離 30mm のとき

このときは板の表面が水でぬれているときの最大電流は 25mA 位でスパーク電流は 10~1mA であつた。この実験は最もスパークが発生し易いように、板表面を常に絵筆でしめした水で適当にしめらせて、1 時間 35 分に亘つて通電したが、焦げ跡の成長速度はだんだん遅くなり遂に零に近くなつて、両極を焦げ跡でつなぐ望みが薄くなつたので実験を中止した。

3.2.3. 距離 20mm のとき

この距離のものは全部で 3 回実験したが、水でしめらせる回数は 3~4 回、通電時間は 2~12 分で両極が焦げ跡でつながつた。その後の電流は約 50mA で、11 分間通電したものは板の裏面に迄焦げ跡が達した。

3.2.4. 距離 15mm のとき

一回水でしめらせて通電 1 分 20 秒で両極がつながつた。

3.2.5. 距離 10mm のとき

一回水でしめらせて通電 30 秒で両極がつながつた。

4. 焦げ跡の成因とその性質

以上述べた実験に表われる漏洩電流によつて木材に出来る焦げ跡の成因及びその二三の性質について考察する。

4.1. 両極間の電流及び電位分布

両極間の電流及び電位分布を、木材の表面が一様にしめつてい

る場合に分けて定性的に考察してみる。

4.1.1. 両極間が一様に湿つてい

この時の電流分布及び電位分布は静電場との同等性から大体 Fig. 5 の実線及び点線の如くになると考えられる。即ち両極の近傍で最も電位傾度及び電流密度が高くなつてい

る筈である。若しこの仮定が正しければ両極附近は最も温度上昇も高く従つて早く乾く筈である。実験に

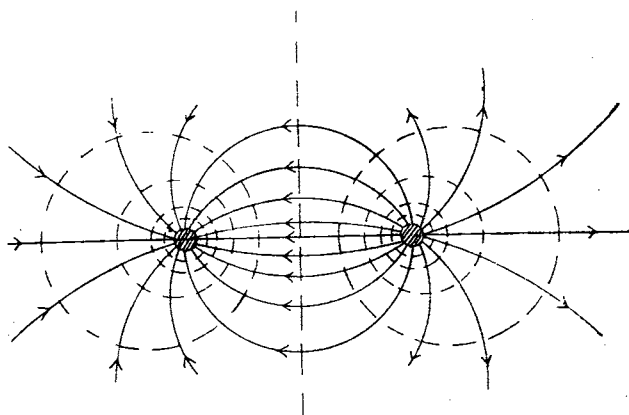


Fig. 5 一様な水膜の電流電位分布

よるにやはり両極の近傍が最も早く乾くことが観察される。

4.1.2. 両極間の一部が乾いた時

両極間の一部が他の部分に先立つて乾いたときは、その部分の抵抗が増加する故当然その部分の電位傾度が特に大きくなる筈である。一般

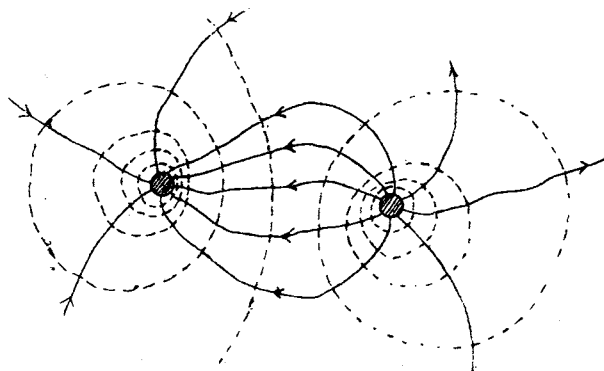


Fig. 6 電極附近が乾燥したときの電流電位分布

には両極の近くが他に先立つて乾燥する故電位分布、電流分布は Fig. 6 の如くなるであらう。

この仮定が正しければ、両極近くの最も電位傾度の高い所から絶縁破壊を起し、焦げ跡を形成して行く筈だが、これは実験によつても裏付けられている。

4.1.3. 両極間の一部が絶縁破壊を起したとき

この時は絶縁破壊の結果生ずる焦げ跡の木炭の抵抗が水膜のそれに比して小であると考えられるので焦げ跡は見掛け上の電極を形成する。しかし最初が発生したスパークはその一端を水膜上にをき他端を電極上に置いている筈であるから、スパークは、電流の発熱作用によつて水膜が蒸発して後退して行くにつれ、他端を焦げ跡の上にをき且つスパークの熱によつて新しく焦げ跡を形成しながら移動して行くであらう。

従つて一般に焦げ跡の先端部分が引き継ぎ絶縁破壊を起して行く筈である。実験結果はこの推定の正しいことを裏付けている。即ち一般に焦げ跡の先端に於て最もスパークが激しく発生する。この時の電位電流分布は Fig. 7 の如くなる。

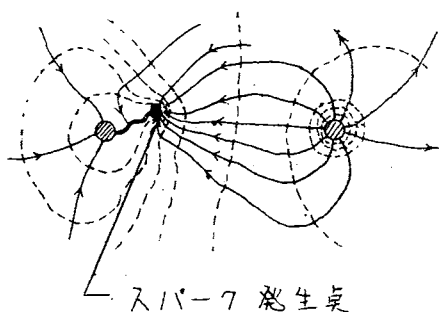


Fig. 7

スパーク発生時の電位電流分布

4.1.3. 両極間の比較的大きな部分を絶縁破壊を起したとき

比較的大きな焦げ跡を有する板の表面に一樣に水膜を形成させた時の電流、電位の分布は、焦げ跡が見掛け上の電極となると考えられるので大体 Fig. 8 の如くなると考えられる。従つ

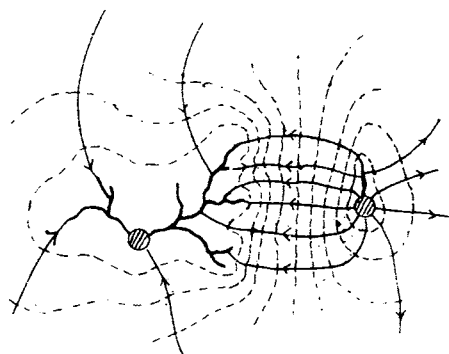


Fig. 8

焦げ跡のあるときの電位電流分布

て初期の状態(4.1.1)の如く電極の大きさを電極間隔に比して無視すると言うことは出来ず、電流は主として両極を結ぶ間に集中して来ると考えられる。実験によつても初期の間は電極を中心として放射状に総ての方面に平等に焦げ跡を延ばす傾向があるが、中期以後は大体両極を結ぶ間、言い換えれば両極から出た焦げ跡が、互にその距離を短かくする方向に進行するのがみられる。

4.2. 焦げ跡の成因

焦げ跡は直接的には絶縁破壊により発生するわけであるが、このような絶縁破壊の起る原因について考察してみる。

問題を簡単にする為水膜の存在する時の絶縁破壊を取扱う。4.1.2 で述べた如く水膜が蒸発して行く過程で電極附近に大なる電位傾度の部分が現われるが、電極に接していた最後の水膜が蒸発によつて切れようとする時は、丁度ヒューズの熔断時と同じく無限大の電位傾度がかかるのでこの部分の空気又は木材が絶縁破壊を起すわけである。この絶縁破壊が空気のそれか又は木材のかは判然と区別し難い。若し木材の耐電圧が空気よりずっと高いものなら空気の方が先に絶縁を破るであらうが、木材の絶縁耐力は Tab. 1 の如く含有水分によつて甚だしく異なり必ずしも空気より高いとも言えぬので空気と木材の何れが先に絶縁破壊を起しているか分らない。若し空気の絶縁破壊とすればその時発生するスパークの熱によつて木材は炭化す

Table. 1 針葉樹の水分含有率と固有抵抗及び破壊電圧

水分含有率 (%)	7	10	15	20	25
固有抵抗 (Ω·cm)	2.5×10^{10}	6.3×10^8	1.9×10^7	2.2×10^6	4.7×10^5
破壊電圧 (kv/mm)	0.60	0.40	0.15	0.10	0.07

る。又木材自体の絶縁破壊としても、衝撃電圧による破壊ではないので熱破壊の形式をとりやはり炭化する。故に何れにせよ水膜の蒸発による影響で電極附近は炭化を起して焦げ跡を作る。この場合焦げ跡は常に表面に出来て木材内部では発生しない。

一度焦げ跡が形成された後これが成長して行く理由は既に 4.1.2 に述べた通りである。

水膜の存在のもとに木材が絶縁破壊を起して行く原因は以上の通りで、この考え方は Paul, M Ross⁽¹⁾ も採用している所で殆んど疑う余地がない。

水膜のない時の木材自身の絶縁破壊は一般の固体の絶縁破壊現象と同じく木材の内部にも焦げ跡を作るが(2), これについては第2報以下で取扱う。

4.2.2. 焦げ跡が樹枝状になる原因

一度電極附近に発生した焦げ跡はその先端に在りて最も盛んにスパークを発生して長さの方向に成長して行くが、或る程度延びると一度成長をとどめ、主幹をなす焦げ跡の中程からスパークを発生し始めて側枝を形成して行く。この側枝から更に小枝を発生し、遂に Fig. 3 の如き樹枝状の焦げ跡を作る。この焦げ跡を作る原因は次の如く説明出来る。即ち スパークを発生しながら主幹が成長して行つて居る時は、先端のスパークを発生している部分に電流が集中し、従つて先端部分は最も熱も多く発生しているが、主幹に沿つた側面の部分は電流の通過は殆んどなく従つて発熱もなく水膜は蒸発を殆んどとどめて、主幹と或る間隔を置いて対したまゝ残されるわけである。一方主幹の先端のスパークの進行速度は、その部分の水膜が熱によつて後退する速度と常に等しいとは限らないと考えられるから、今若し主幹の先端の進行速度より早くその部分の水膜が後退したとすると、先

端と水膜との距離 (Fig. 9 の A) がスパークを維持し得ない位離れる時があるわけである。この時は先端部

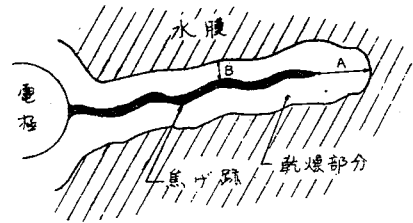


Fig. 9

のスパークは消え、その状態で水膜と焦げ跡の最も接近している B 部分でスパークが新たに発生する。かくして先端の成長は一時停止され側枝が形成され始める。実験によるに、側枝が多数形成された後、スパークが又主幹の先端部分に戻ることもあるが、側枝が形成された後、総ての部分でスパークが消え電流が零となることもある。一般的には後者の例の方が多い。このときに更に又水をそそいで水膜を形成すると再びスパークがみられるようになる。

樹枝状の焦げ跡の形成される理由は以上の通りであらうと考えられる。

4.2.3. 焦げ跡が成長をにぶらせることのある原因。

実験によるに、3.1.1, 3.2.1, 3.2.2 例の如く、初期の間はスパークを発生して焦げ跡を形成して行くが、或る程度焦げ跡が成長して来ると、段々その成長速度を減じ、遂に何度水膜を形成してやつても、その都度ジュール熱で水膜を蒸発して漏洩電流が零となるだけでその過程で殆んどスパークを発生せず、焦げ跡の成長速度が零に近くなることがある。これ等の例は総て電圧に比して、電極距離の長いときに見られるが、この理由は次の如く説明出来る。

焦げ跡がある程度成長して樹枝状となつた後は、見掛け上の電極が大きくなつたのと同じことになり特に一部に電流が集中することなく、大体一様に電流が分布する様になる。従つて水

の乾き方も一様となり、特に早く乾燥する部分があつてそこに電界が集中すると言ふような現象を起さず、一様に抵抗を増大しながら乾いて行くから放電（絶縁破壊）を起す程度の電位傾度はどこにも出来ないうちに乾き切つてしまうのであると考えられる。電極距離が短いときは、焦げ跡があまり大きくなる余地がなく、直ぐ両極間が焦げ跡でつながるからこのような現象が現われないと思われる。

この説明に対する実験的裏付けは現在の所不十分であるが、第二報以後に於て更に研究した上発表したい。

4.3. 焦げ跡を安定につなぎ得る条件

若し一度両極が焦げ跡でつながれば、その後は安定に焦げ跡を通じて電流を流し続けることが出来る条件について述べる。

炭化して表面に出来た焦げ跡は、ジュール熱及び燃焼熱によつて更に炭火の度を進めて行くわけであるが、この新らしく炭化して出来る炭素の量より燃焼によつて失われる炭素の量の方が多い場合は、焦げ跡は灰ばかりとなり抵抗を増大する。この時電源電圧が充分高ければその部分にスパークを発生して新らしく炭化した部分を作り、それを通じて又電流が流れ始める。

このように焦げ跡は不連続的な抵抗変化を起すが、このことは Fig. 4 の電流記録にも数多くの鋸歯状の凸凹としてみられる。

今若し電源電圧がある値より低かつたとして焦げ跡が灰化した時にその部分にスパークを飛ばすだけの力がなかつたとすれば、炭化を促進出来ず従つて電流を減少し、ジュール熱が減り益々炭化しなくなり益々電流を減少する。従つて焦げ跡に安定に電流を流し得るためには、電源の電流容量（電圧変動率）、電圧、木材の炭化（導電体化）速度及び灰化（不導体化）速度等によつて定まる或る条件があるわけである。

この条件のうち必要な電圧についてのみ、本実験に使用した杉の古板材について求めてみると、短絡電流 50mA 程度の電源の時は長さ 1 cm の焦げ跡に安定に電流を流し得る最後の電源電圧（無負荷時の電源端電圧）は約 400V で

あつた。又このとき長さ 1 cm の焦げ跡の両極に実際にかつている電圧は 40~80V (r.m.s.) であつた。電源電圧を 300V にすると約 1 分間経過後電流は零となつた。

このように焦げ跡の電氣的特性は、安定抵抗を通してアークを点灯している回路の特性と酷似している。即ち 或る電圧以下では電流零となり、又安定に電流を通じてをく為には或る一定値以上の安定抵抗の電圧降下分をみて電源電圧を定めねばならぬと言ふことである。この実験例では約 320~360V の安定抵抗の降下分をみておかなければ 1 cm の焦げ跡に安定に電流を流すことが出来なかつた。又電流容量の数百 A ある 100V 交流回路では長さ 2 mm の焦げ跡すら安定につなぐことが出来なかつた。

5. 結 び

以上の実験報告は、日本電気協会の放電灯用変圧器調査委員会の資料11として、昭和27年2月4日に発表した実験をまとめたもので、その実験数も少なく、はつきりした結論は出ないので、一応問題の所在点と、二三の推論を述べたにとどめ、電圧、電流、材質、木目の影響、交直流の別等に関する定量的な結論は第二報以下にゆずる。

参 考 文 献

- (1) Paul. M. Ross E. E. 1947 May.
- (2) 金原壽郎・末 清一：火災学会論文集

昭 28. 2

High Speed Flash Photography of Hose Streams

Y. KUMANO

INTRODUCTION

So far as the author knows, the use of the techniques of high speed flash photography in the field of fire protection engineering is a matter of comparatively recent development, the works heretofore reported¹⁻³ being limited to the studies of rather small scale phenomena such as the extinguisher sprays or streams. The author, having successfully photographed the break-up phenomena with the discharge stream of a pump tank extinguisher,² was subsequently attracted to the project to cope with larger hose streams, anticipating that such photographs would furnish more detailed and precise knowledge concerning the character of the "solid" or "good"³ fire stream than could be obtained by mere visual observations or conventional photographic studies. To speak more practically, they would possibly be used to advantage, for example, in the studies of effective range of fire streams³ or in determining the safe distances in playing hose streams on electrical live lines or equipments.

Now, photographing a long stream with good definition of every detail may be accomplished by either of following two methods. One is, as suggested by Rowe,¹

to use multiple flash-and-camera units. Disposing an appropriate number of these units along the stream and making them operate simultaneously, a considerable length of stream may be photographed at a moment. The other is to use a single flash-and-camera unit, with which only a fractional length, say, equal to that covered by each individual unit in the former method, of the stream may be photographed at a time, and repeat the shot until the whole length in question may be covered, varying, for each shot, the relative position of the photographing unit and the nozzle tip : --- a train of photographs thus obtained will not give an over-all image of the stream in normal sense, since they are "varying time varying space" records of it. However, we may learn much from these photographs as for the features the stream will assume "statistically" along its path. Accordingly, the latter method is by no means inferior to the former, but may be said rather superior to that if operative simplicity and low cost for preparation of equipment are taken into account. In this respect, the author's project was put into practice on the basis of the above-

1. L. A. Rowe, Quart. NFPA. 46, 136 (1952).
2. Y. Kumano & K. Ishizaka, Quart. Rep. Fire Res. Inst. 3, 3 (1952) p. 14.
3. Crosby-Fiske-Forster, *NFPA Handbook of Fire Protection* (National Fire Protection association, International, Boston, 1948). Tenth Edition, p. 1281.

mentioned "single flash-and-camera unit" method.

In this report will be given brief descriptions on the experimental techniques used together with a reproduction of typical photographs obtained so far.

EXPERIMENTAL TECHNIQUES

A schematic and simplified diagram of the experimental set-up is illustrated in Fig. 1. The camera C, $4\frac{1}{2} \times 6\frac{1}{2}$ in. bellows

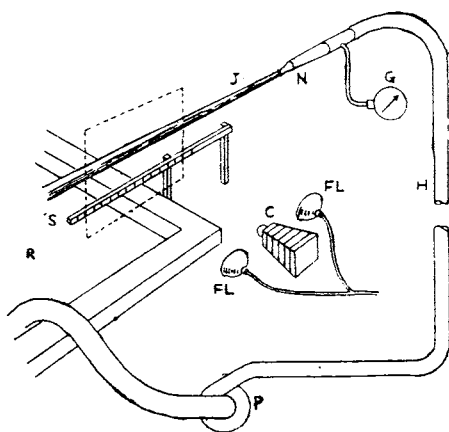


Fig. 1. Schematic diagram of experimental set-up: N, nozzle, J, water jet, G, pressure gauge, H, hose line (two $2\frac{1}{2}$ in. rubber-lined hoses), P, pump, R, water reservoir, S, scale, C, camera, FL, flash tube. The broken line indicates the field of view of camera.

type, is equipped with a f/4.5 Tessar lens having a focal length of 21 cm. It was focussed at a vertical plane (virtual) including the scale S, preserving an object-to-lens distance of about 1.6 m so that a horizontal field of view of about 1.2 m was secured. This value was chosen as a result of compromise between the dem-

and for each photograph to cover a maximum length of stream portion, on the one hand, and the demand yet to secure as fine detail as possible on the resulting photographic image.

The two flash tubes placed on either side of the camera illuminate the object uniformly. They can be flashed simultaneously by means of the electrical circuit shown in Fig. 2, which is triggered

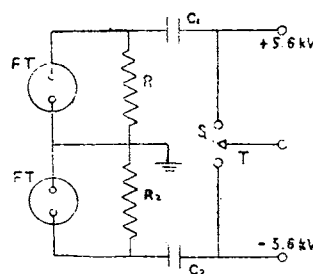


Fig. 2 Flash tube circuit.

- C_1 - C_2 Capacitors, 4μ F, 7KV, oil.
- R_1 - R_2 Resistors, ca. 1 M Ω , water.
- FT Flash tube.
- S Control spark gap.
- T Triggering electrode.

at a requisite time by the application of a surge voltage obtained from the secondary of an induction coil to a third electrode T of the control spark gap S. The switching for this was made manually and no synchronizing apparatus was used. Under the rated conditions, the discharge energy is estimated at 120 watt-seconds or so,* which insured satisfactory result for each shot with the camera lens stopped to f/9 and using Fuji A-1 type orthochromatic plate.

All these photographing and flash ill-

* The flash tubes employed were rather old-fashioned ones—cold cathode fluorescent tubes utilizing the arc discharge through Ar-Hg mixture. The use of modern flash tubes such as G. E. Type FT-125 would have curtailed the energy requirement to a considerable extent.

uminating equipments together with the high-voltage power supply were provided with a hut as shown in the photograph

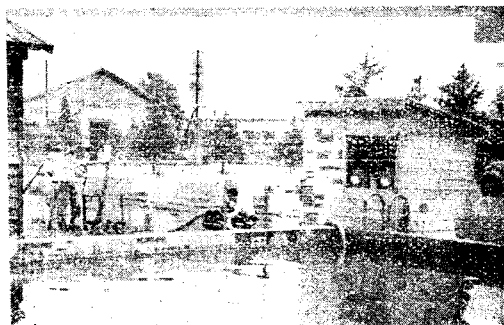


Fig. 3

Photograph of experimental arrangement.

of Fig. 3 for protection from weather as well as from the stray "fog" or spray coming from the discharge stream.

The variation of the stream portion to be photographed was effected by moving the nozzle only. To facilitate this procedure, the nozzle was supported by two men with the aid of a movable wooden stand as shown in Fig. 3.

It should be noted here that the experiments were carried out exclusively at night because ambient darkness was required by the present "open shutter-single flash" photographic technique. Owing to this restriction, many difficulties were encountered throughout the experiments, though the use of dark-red lamps for illuminating the sight remedied the deficiency to some extent. Had it been possible to utilize any kind of ultra high-speed shutter, such as the Kerr cell shutter,⁴⁻⁵ the above-mentioned operative difficulties would have been greatly im-

proved.

RESULTS

Photographs have been taken so far of the streams under the discharge conditions as given in Table I.

TABLE I. Discharge conditions under which the streams were photographed.

Category No.	Nozzle Size, in.	Nozzle Pressure, psi.
1	$1/2$	60
2	$3/4$	60
3	"	40
4	1	60

Note — The values were set to realize conditions most practical in ordinary fire fighting activities in Japan.

For each category listed, a stream length up to 10 m from the nozzle tip was recorded using ten photographic plates. The four categories were chosen with a hope that the resulting photographs would give some illustration particularly in respect to the dependence of the discharge stream behavior on the nozzle size and the nozzle pressure. In practice, however, the photographic images for respective discharge conditions were found not so distinct from each other as primarily expected. Accordingly, with a principal view to demonstrate the general feature of the hose stream behavior and partly for economy of space, only one full-set of photographic records for a particular discharge condition will be reproduced here together with a partial reproduction of the records for another condition.

4. H. F. Quinn, W. B. Mc Kay, and O. J. Bourque, J. Appl. phys. 21, 995 (1950).

5. E. M. Pugh, R. v. Heine-Geldern, S. Foner, and E. C. Mutschler, J. Appl. Phys. 22, 487 (1951).

Figs. 4-1 to 4-10 are the pictures taken of a $\frac{3}{4}$ in., 60 psi. stream (Category No. 2). The figures at both extreme graduations of the scale in each individual picture indicate the distances in meters from the nozzle tip. Referring to these pictures—particularly the first five frames—in order, we may understand fairly well the disintegration phenomena with a hose stream; namely, initiation of small disturbances at the surface in the very vicinity of the nozzle tip (Fig. 4-1), their progressive development accompanied with formation of ligaments at the crests of protuberances (Figs. 4-2, 4-3 and 4-4), conversion of the stiff stream into a mere train of ragged “knots” preserving a very poor continuity (Fig. 4-5), and further disruption of these “knots” into smaller fragments or droplets (Figs. 4-5 to 4-10).

So far as the present pictures are concerned, the stream may hardly be called “solid” or “good” beyond the limit 4 m, at best, from the nozzle tip. It will be seen that similar remarks apply even to the 1 in. stream when we refer to the photographs of Figs. 5-1 and 5-2, which were taken of the 1-in., 60 psi. stream (Category No. 4). Of course, from a practical point of view, a “solid” or “good” stream may not be defined solely upon the basis of physical appearance of the stream pattern as illustrated here. Still the author believes that it will be of no little significance to refer to the results of observations utilizing the high speed flash photography technique.

As regards the anomaly of the results in terms of the influence of nozzle size or nozzle pressure, the author's inter-

pretation is that either the character of the internal surface of the nozzle or the possible turbulence as the stream entered the nozzle might have had so pronounced effect on the action of the discharge stream that the influences of nozzle size and nozzle pressure were thrown into shade.

CONCLUSION

Descriptions were made in this report of the application of high speed flash photography in the study of a fire stream behavior. Although the resulting photographs obtained so far have fallen short of the author's primary objective to get a clear view of the dependence of the stream-disintegration characteristics on the nozzle size and nozzle pressure, the well-defined image of every portion of the stream stopped will provide unprecedented means for clearer understanding of the general feature of the “solid” hose stream, and, in that very sense, they will be of no little significance to those interested in the hydraulic problems in fire protection.

As for the flash-photographic unit properly employed in this experiment, it worked quite well. The possible combination of this unit with an ultra high-speed shutter, such as the Kerr cell shutter, will do away with the difficulties due to the “nighter” experiment and will find far more extended uses in various fields of fire protection engineering.

ACKNOWLEDGMENTS

In concluding this report, the author wishes to express his appreciation to Mr. K. Ishizaka for constant cooperation and assistance during this work; he is also

indebted to Messrs. R. Nii, T. Miyata, T. Ueda, T. Shidara, H. Arai and T. Ui

for aids given in various phases of the work.

瞬間写真による消火放水流の観察

熊 野 陽 平

〔梗概〕

筆者は、さきに、水槽付ポンプ消火器のノズルから出る噴流の分裂過程を、瞬間写真に撮影して興味ある結果を得た。本報告は、前実験の延長として、普通の消防活動に用いられる程度の、太いノズルから放水する場合について、放水流の状況を瞬間写真に撮影した実験に関する概略の説明である。Fig. 1 は実験装置の略図で実際の配置状況は Fig. 3 の写真に示される。Fig. 2 は、瞬間照明用電気回路の要部略図である。前回の消火器噴流の撮影は、影写真法で行なつたが、今回は撮影視野が大きいため、反射光撮影の方法に依つた。

ノズルは $\frac{1}{2}$ in., $\frac{3}{4}$ in., 及び 1 in. の 3 種を用い、筒先圧力 60 lb/in² で、殆ど水平の方向に放水した場合について、ノズルから 10 m 迄の間を 1 m づきに区切つて撮した。なお、 $\frac{3}{4}$ in. ノズルに対しては、筒先圧力 40 lb/in² の場合も撮影した (Table I)。

結果の写真のうち、 $\frac{3}{4}$ in. ノズル、60 lb/in² 圧力の場合の写真を Fig. 4-1 から 4-

10迄に示す。又、1 in. ノズル、60 lb/in² 圧力の場合に就ては、一部分を Fig. 5-1 及び Fig. 5-2 に示す。Fig. 4 の一連の写真を観察すれば、ノズルを出た直後の水流表面に生じた細かい凹凸が、次第に発達して、4 m を越えたと不規則な形の水塊の連続となり、それが更に小さな破片に分裂して行く過程が、よくうかがわれる。更に角、放水流が棒状の連続流、即ち solid stream の形を保っているのは、ノズルからせいぜい 3~4 m までの間であることが判る。これは、普通肉眼で観察する場合に受ける印象とは著しく異つている。上記のことは、他の放水条件の場合にも当てはまるようである (Fig. 5-1, 5-2)。今回の実験で得られた写真からは、ノズル口径、放水圧力等による、分裂状況の系統的差異というようなものは、殆ど看取されなかつた。これは、使用したノズルの内面の良否、或は、ノズルを出る前の水流中に存在した乱れ、というような諸要素の影響が案外大きかつた為ではないかと思われる。

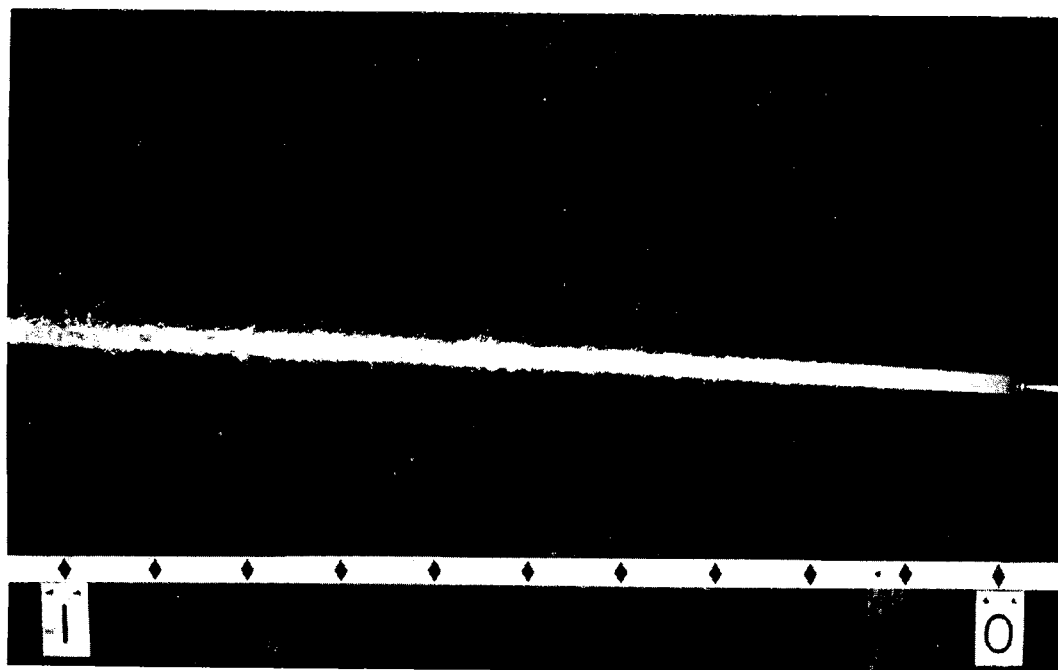


Fig. 4-1. The nozzle-tip to 1 m view of a $\frac{3}{4}$ -in, 60 psi stream.

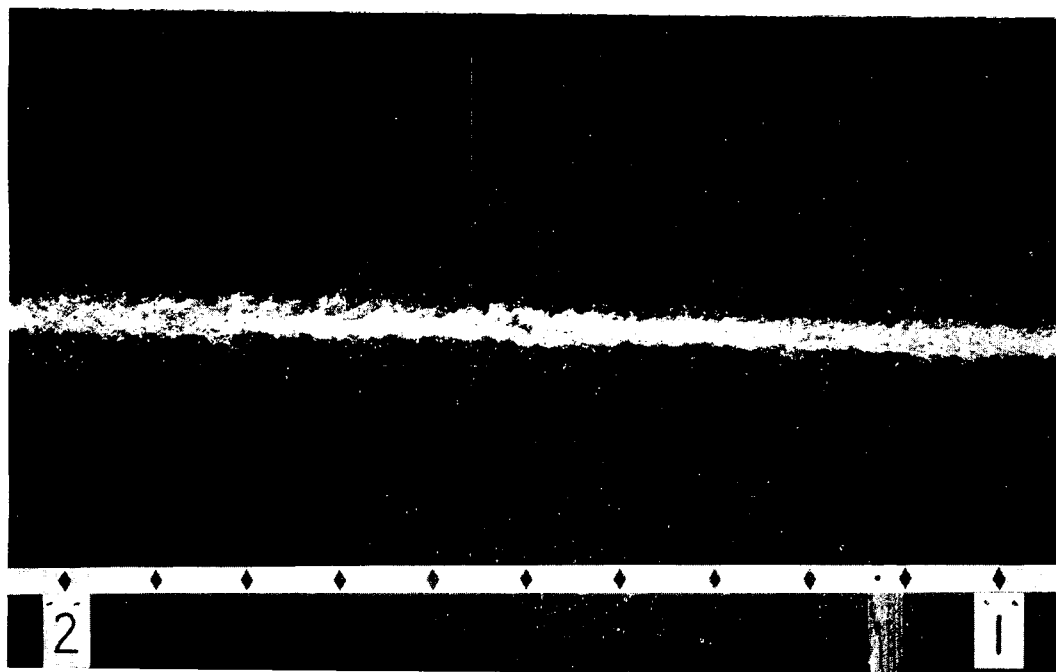


Fig. 4-2. The 1 to 2 m view of a $\frac{3}{4}$ -in, 60 psi stream.

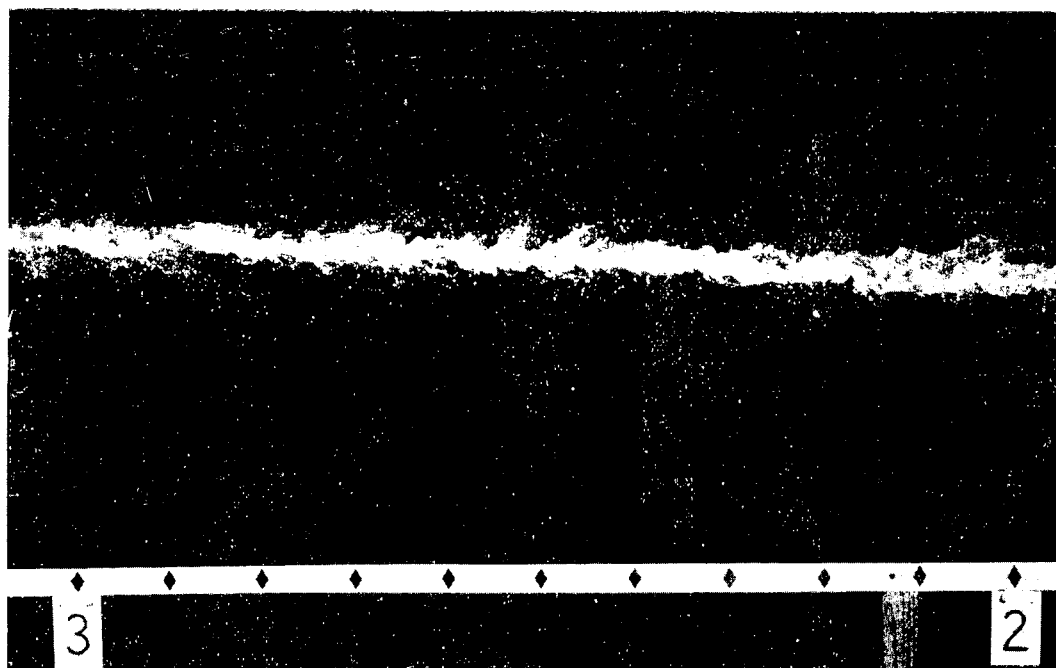


Fig. 4-3. The 2 to 3 m view of a $\frac{3}{4}$ in, 60 psi stream.

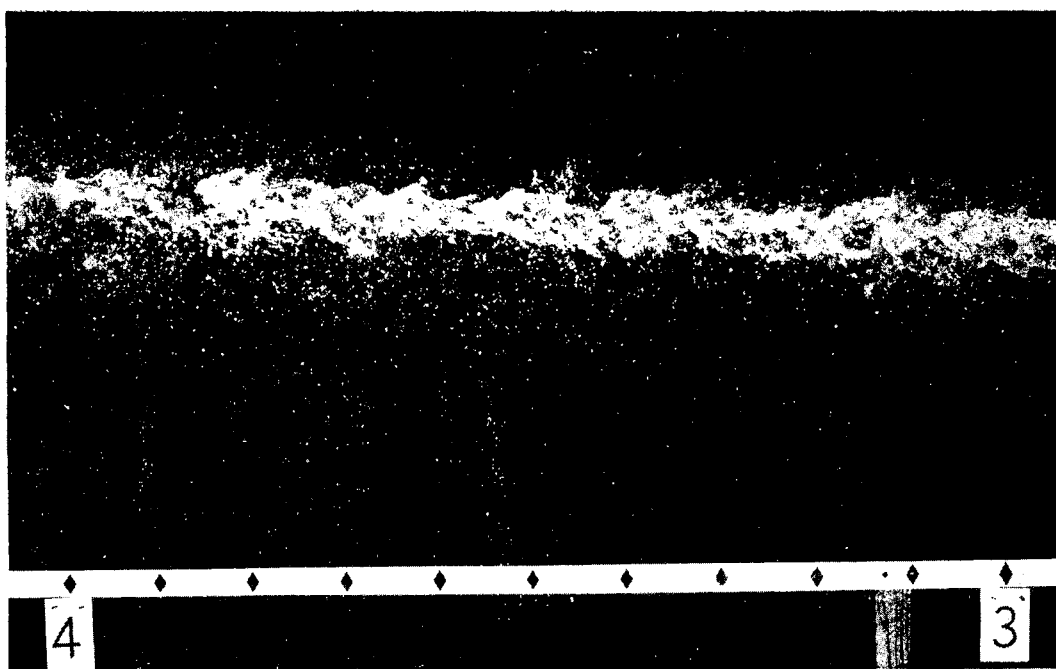


Fig. 4-4. The 3 to 4 m view of a $\frac{3}{4}$ -in, 60 psi Stream.

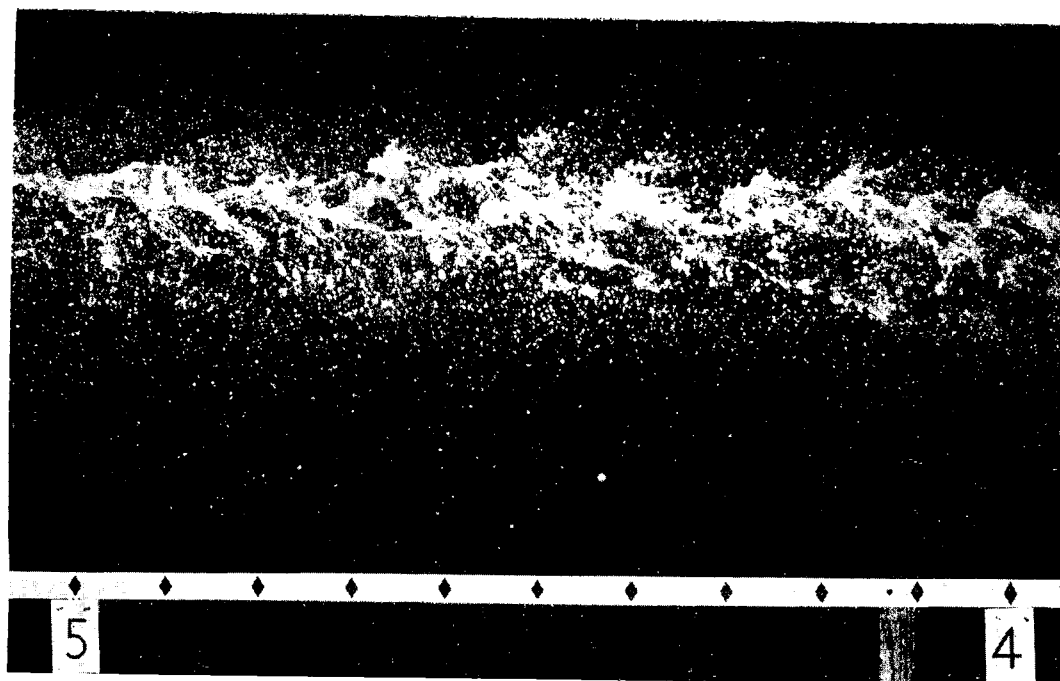


Fig. 4-5. The 4 to 5 m view of a $\frac{3}{4}$ in, 60 psi stream.

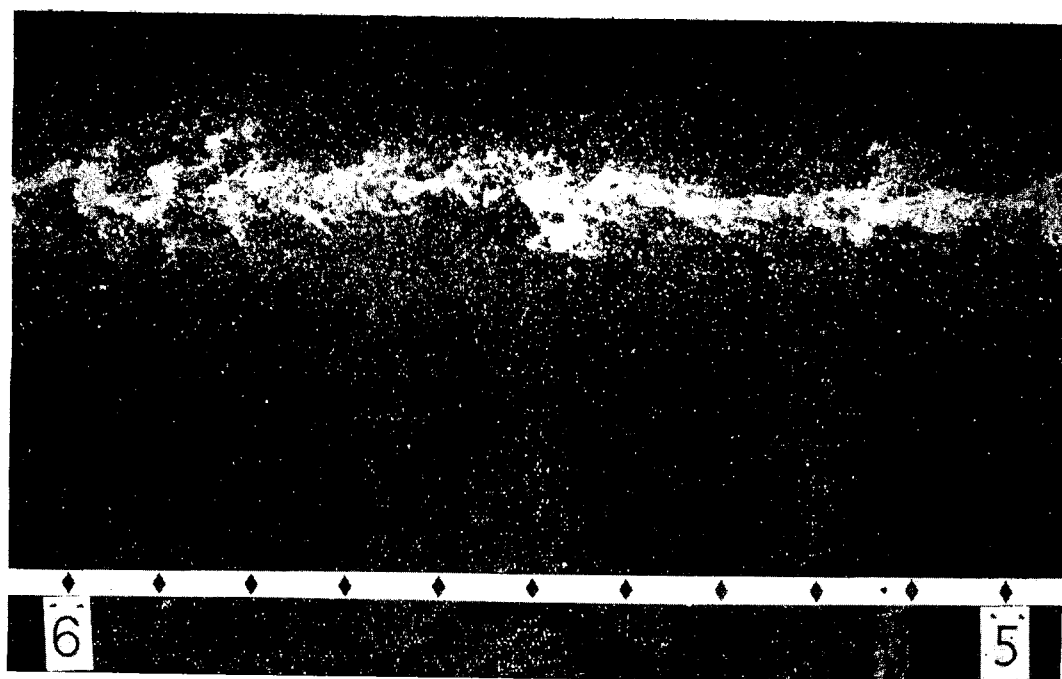


Fig. 4-6. The 5 to 6 m view of a $\frac{3}{4}$ in, 60 psi stream.

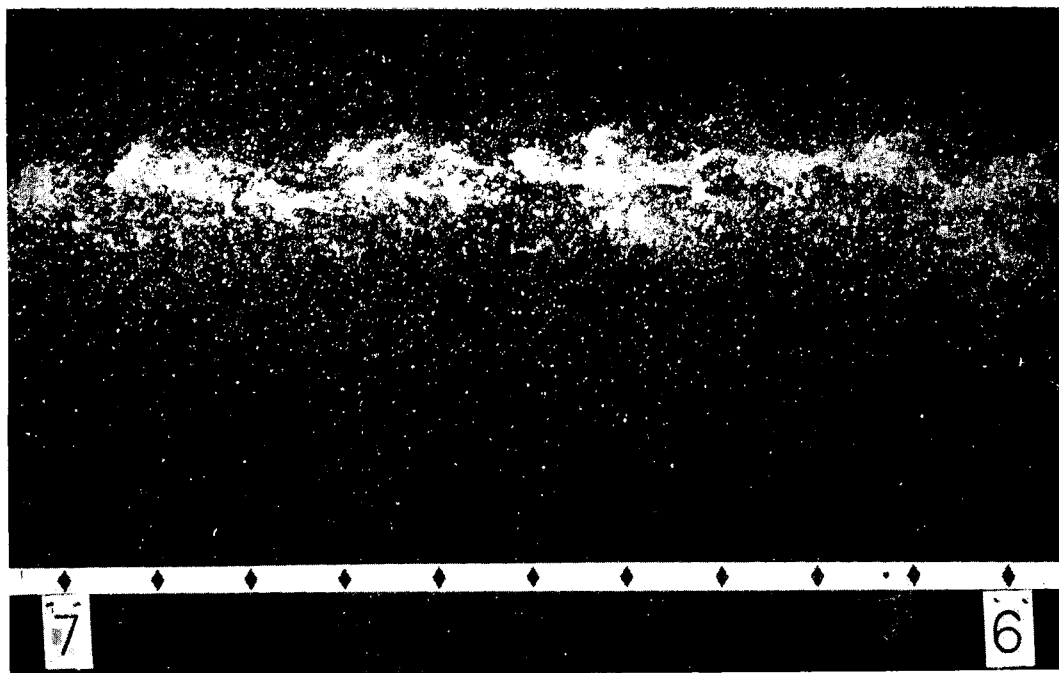


Fig. 4-7. The 6 to 7 m view of a $\frac{3}{4}$ -in. 60 psi stream.

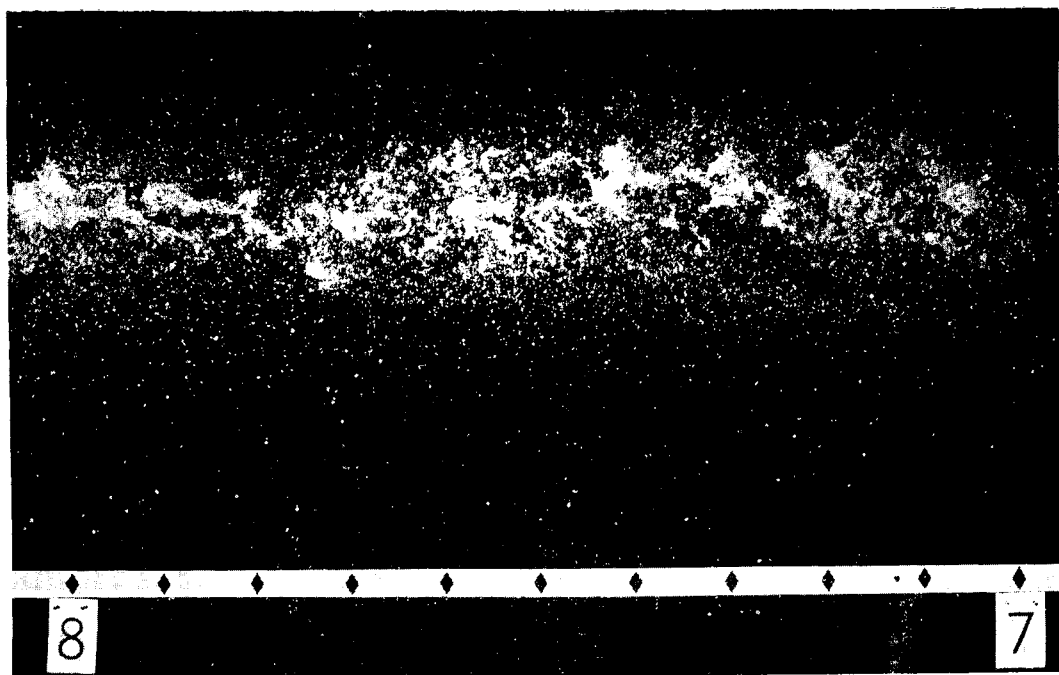


Fig. 4-8. The 7 to 8 m view of a $\frac{3}{4}$ -in. 60 psi stream.

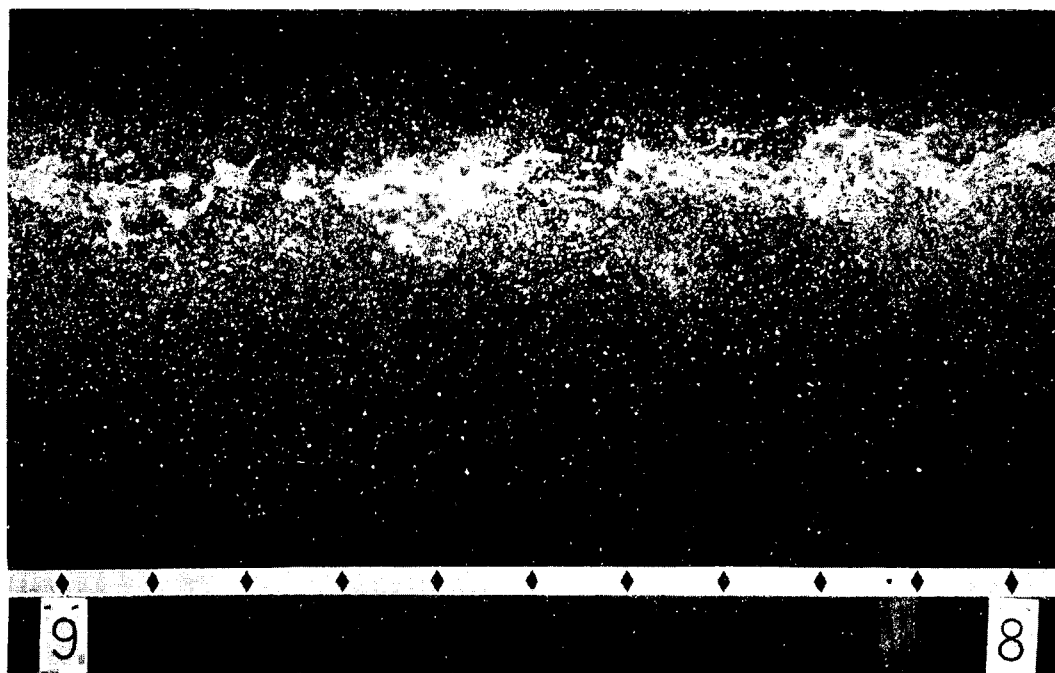


Fig. 4-9. The 8 to 9 m view of a $\frac{3}{4}$ -in, 60 psi stream.

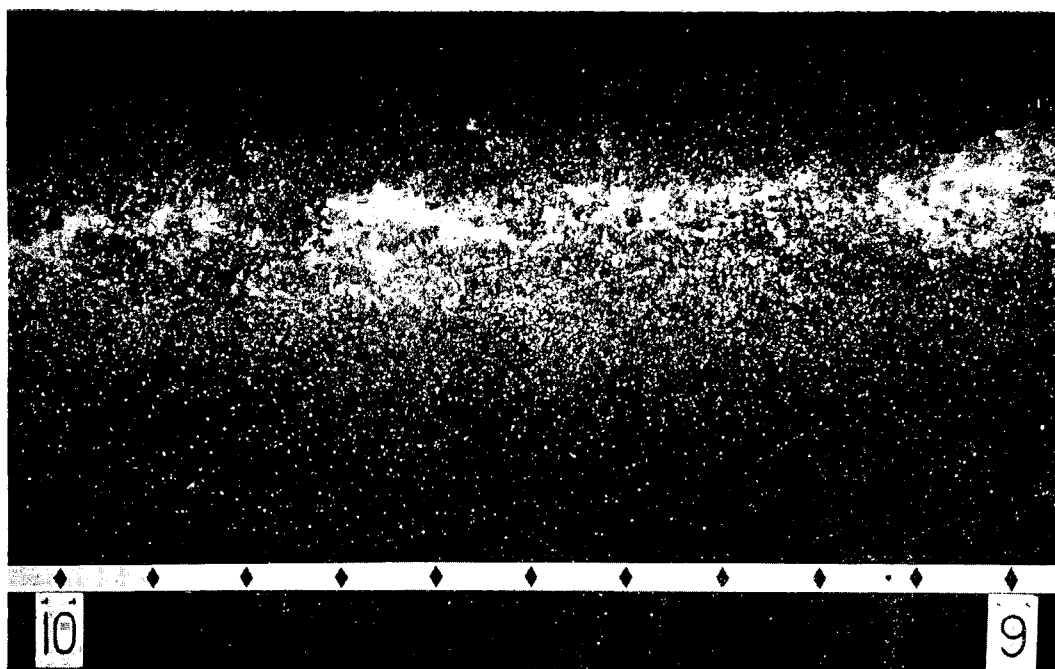


Fig. 4-10. The 9 to 10 m view of a $\frac{3}{4}$ -in. 60 psi stream.

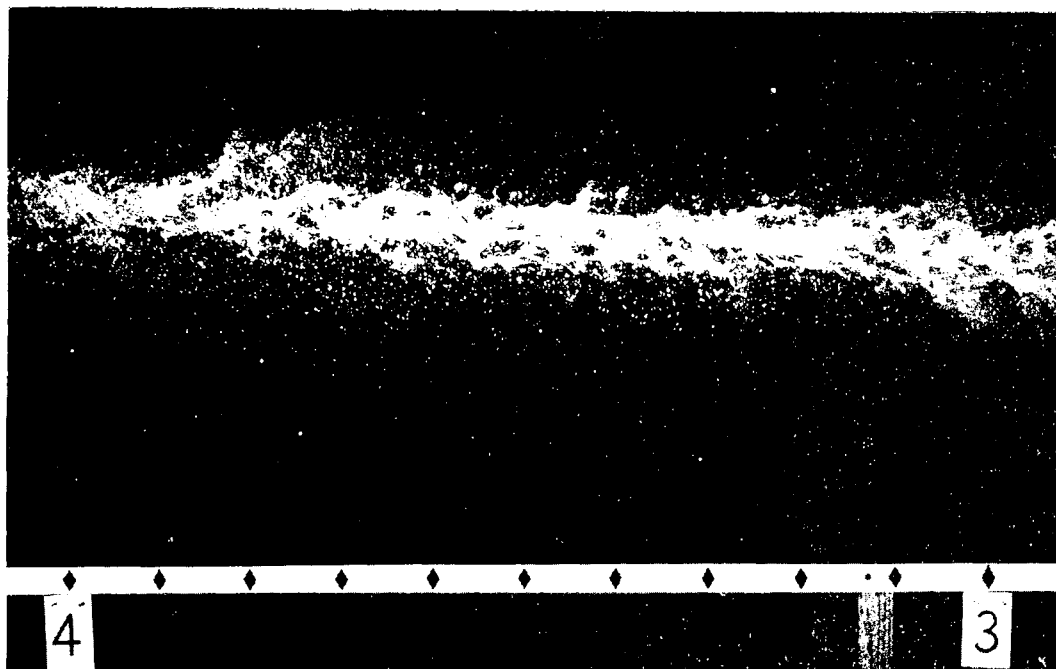


Fig. 5-1. The 3 to 4 m view of a 1-in, 60 psi stream.

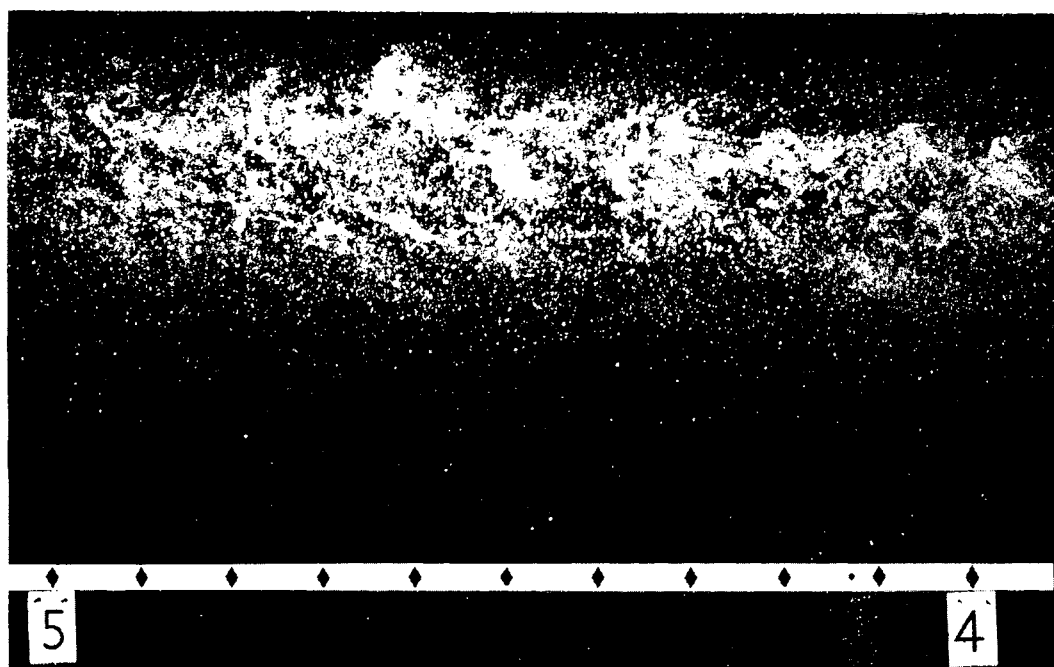


Fig. 5-2. The 4 to 5 m view of a 1-in, 60 psi stream.

消防研究所報告 第4巻 總目次

研究

消防用噴流の有効射程について (第1報)

有効射程に関する実験式……………新 居 六 郎…(1)

高温気体中を落下する水滴及び噴霧の蒸発 (第2報)

IV. 噴霧の蒸発時間 (その1)

V. 噴霧の蒸発時間 (その2)……………秋 田 一 雄…(13)

煙による火災感知の研究 (その1)

煙感知器の試作……………守 屋 忠 雄…(21)

アーク感知器の試作 (第1報)……………中内俊作・渡辺彰夫…(28)

点在型感知器と分布型感知器の感度の比較……………高 瀬 晋 一…(37)

高温気体中を落下する水滴及び噴霧の蒸発 (第3報)

VI. 蒸発してゐる水滴の温度

VII. 蒸発速度を支配する因子について……………秋 田 一 雄…(45)

消防用噴流の有効射程について (第2報)……………新 居 六 郎…(52)

火災報知装置検定用自動機について……………中内俊作・広沢重男

高瀬晋一・渡辺彰夫…(61)

チューブ火災実験報告 (第1報)

四塩化炭素消火器によるガソリン消火……………村 上 勝 幸…(68)

防火上よりみた熱海市の都市構成について……………今 津 博…(73)

漏洩電流による木材の燃焼 (第1報)……………中 内 俊 作…(79)

High Speed Flash Photography of Hose Streams……………Y. KUMANO…(86)

GENERAL INDEX OF VOLUME 4

MEMOIRS

- Effective Range of Fire Stream (1).....R. NII.....(1)
- Study of Evaporation of Water Drops Falling down through
Air of High Temperature (2).....K. AKITA.....(13)
- Study on Fire Detection with Smoke (Part 1).
Smoke Detector Produced by the Author.....T. MORIYA.....(21)
- Photoelectric Detector of Electric Arc (1).....S. NAKAUCHI
AND A. WATANABE.....(28)
- On the Comparison of the Sensitivity of Spot Type Detector
and Distributed Type Detector.....S. TAKASE(37)
- Study of Evaporation of water Drops Falling down through
the Air of High Temperature (3).....K. AKITA.....(45)
- Effective Range of Fire Stream (2).....R. NII.....(52)
- Automatic Testing Machine for Fire Alarm Equipment,
.....S. NAKAUCHI, S. HIROSAWA, S. TAKASE & A. WATANABE.....(61)
- About Tub Fire Test (1).....K. MURAKAMI.....(68)
- Construction of ATAMI City Seen from Fire Defence.....H. IMAZU.....(73)
- On the Ignition of Wood by Leakage Current of Electricity (1).
.....S. NAKAUCHI.....(79)
- High Speed Flash Photography of Hose Streams.....Y. KUMANO.....(86)

消 防 研 究 所 報 告

第4卷 第4號

昭和 28 年 12 月 25 日 印刷
昭和 28 年 12 月 30 日 發行

【通卷12号】

編輯者兼
發行者

消 防 研 究 所

發 行 所

国家消防本部消防研究所

三 鷹 市 新 川 7 0 . 0

印 刷 所

株 式 会 社 溫 故 堂

甲府市二十人町 43—45 番地