REPORT OF FIRE RESEARCH INSTITUTE OF JAPAN

Vol. 5 No. 2 March 1955

消防研究所報告

第 5 巻 第 2 号 1955年3月

目 次

研 究

微小な固体熱源による可燃性液体
蒸気の着火性について（第1報）……新 居 六 郎……(1)

消防用短波無線電話機実験報告……中内俊作・渡辺彰夫……(18)

消 防 研 究 所

東 京 都 三 鷹 市

REPORT OF FIRE RESEARCH INSTITUTE OF JAPAN

Vol. 5, No. 2 March 1955

Contents

MEMOIRS

Ignition of Combustible Liquids by Heat Sources of Solids of Small Sizes (1) ..... R.NII ..... (1)

Field Test of a Short Wave Transmitter and Receiver ..... S.NAKAUCHI AND A.WATANABE ..... (18)

Published by

Fire Research Institute of Japan

700 Shinkawa, Mitaka-shi, Tokyo, Japan.

研究

微小な固体熱源による可燃性液体蒸氣の着火性について（第1報）

新 居 六 郎

Ignition of Combustible Liquids by Heat Sources of Solids of Small Sizes. (1)

By

R. NII

Member of the Institute

(*Received November* 16. 1954)

Some investigations of ignition of mixtures of oxygen or air and; hydrogen, natural gas, and methane by heated metals were done previously. But there are few investigations of ignition by heat sources of solids of mixtures of air or oxygen and vapors of combustible liquids as carbon disulphide, benzene, gasoline etc., which are classified as dangerous materials in the Fire Service Law in Japan.

It is often reported that ignitions and explosions of combustible mixtures as mentioned above were caused by heat sources of solids of small sizes, for example, a heated spatula or a kindling piece of cigarette etc.

As it is yet vague whether the combustible mixtures are ignited or not by such a heat source of solid as mentioned above, the experiment was carried out in order to make clear what is vague with respect to the ignition of the combustible mixtures by heat sources of solids of small sizes. In the experiment, wires of small sizes consisting of a few kinds of metals and of different idameters, heated by electric current as heat sources of solids, were used.

The results of the experiment in the 1st Report can be summarized as follows:

(I) The ignition temperature determined from the author's experiment was considerably high temperature compared with that done previously by the other methods of measurement of ignition temperature, i. e. 1100 ~ 1200°C for all combustible mixtures used, but for carbon disulphide below, 700°C.

(II) The difference of the ignition temperature of the combustible mixtures due to that of kinds of metals of heated wires could not be nearly found.

(III) As the error of measurement of the surface temperature of the heated wire was about the max. ±50°C, the difference of ignition temperature due to that of

the diameter or the surface area of the heated wire could not be found exactly. It was found in the case used nichrome wires but not necessarily in the case used platinum wires that the ignition temperature of the combustible mixtures by heated wires which is larger in the surface area (or in the diameter) is lower than that which is smaller in the surface area (or in the diameter) with respect to heated wires consisting of the same kind of metal.

(IV) As to the difference of the ignition temperature due to that of concentrations in a combustible mixture, it was found for carbon disulphide and acetone that the ignition temperature of the mixture at the vicinity of the concentration leading to the perfect combustion theoretically is the min.

目　　次

§ 1. 緒　　言。
§ 2. 実験装置及び測定。
(i) 着火おくれτの測定。
(ii) 加熱金属線の表面温度Θの測定。
(iii) 混合気体の濃度の決定。
§ 3. 実験経過並びに結果。
(i) N_i-C_r線を熱源とした場合のその表面温度Θと可熱性混合気体の着火おくれτとの関係。
(ii) Pt線を熱源とした場合のその表面温度Θと可燃性混合気体の着火おくれτとの関係。
(iii) N_i線を熱源とした場合のその表面温度Θと可燃性混合気体の着火おくれτとの関係。
(iv) 加熱金属線の種類，加熱表面々積（主として直径）と種々の可燃性混合気体の着火温度との関係。
(v) 混合気体の濃度と着火温度との関係。
§ 4. 検　　討。
(i) 実験の精度。
(ii) 他の種々の測定方法により決められた着火温度との比較検討。
§ 5. 綜　　括。

§ 1. 緒　　言

こゝで固体熱源というのは，電流によつて加熱せられた金属線や煙草の火等の気体の燃焼による焔を伴わぬ熱源の総称であつて，これまで微小な固体熱源特に赤熱金属による水素及び天然ガス，メタン等の炭化水素と酸素又は空気との混合気体の着火性については，加熱金属の種類又び表面々積と着火温度との関係等について若干の文献[1],[2],[3],[4]はあるが，二硫化炭素，ガソリン等の可燃性液体の蒸気と空気（又は酸素）との混合気体（以下単に混合気体と呼ぶことにする）については，殆んど文献は皆無の状態である。然るにこれらの混合気体は，消防に於て危険物と呼ばれ，工場又は実験室等で，しばしば微小なる固体熱源，例えば赤熱された金属のへらや煙草の火等で着火爆発を起したと報告されているが，真偽は明らかではない。そこで著者はこのような不明確な点を幾らかでも明らかにして火災原因究明のための一資料として，かつ又危険発生の予防に役立たしめる意図をもつて，実験を行つたものである。本報告（第1報）に於てはN_i-C_r線，P_t線，N_i線等の金属線に電流を通じたものを固体熱源として用いた場合のものである。

§ 2. 実験装置及び測定

実験装置の全体は **Fig. 1.** に示される。木製枠（高さ122cm，横139cm）の横木の2ケ所に滑車gをとりつけ，これに釣糸uをかけて，一端より加熱金属線保持装置cを吊り，他端には光束を遮断するための遮へい板vを吊るし，その端を引金jによつて木製枠の一定の場所に固定させ，cを一定の高さHに保つ。落下距離Hは（註）の場合を除きすべて19cmに保つた。cは（註）の場合を除き**Fig. 3.** に示されるものを用いた。この場合の加熱金属線として，一定の長さ（3cm）のN_i-C_r線，P_t線，N_i線の1m

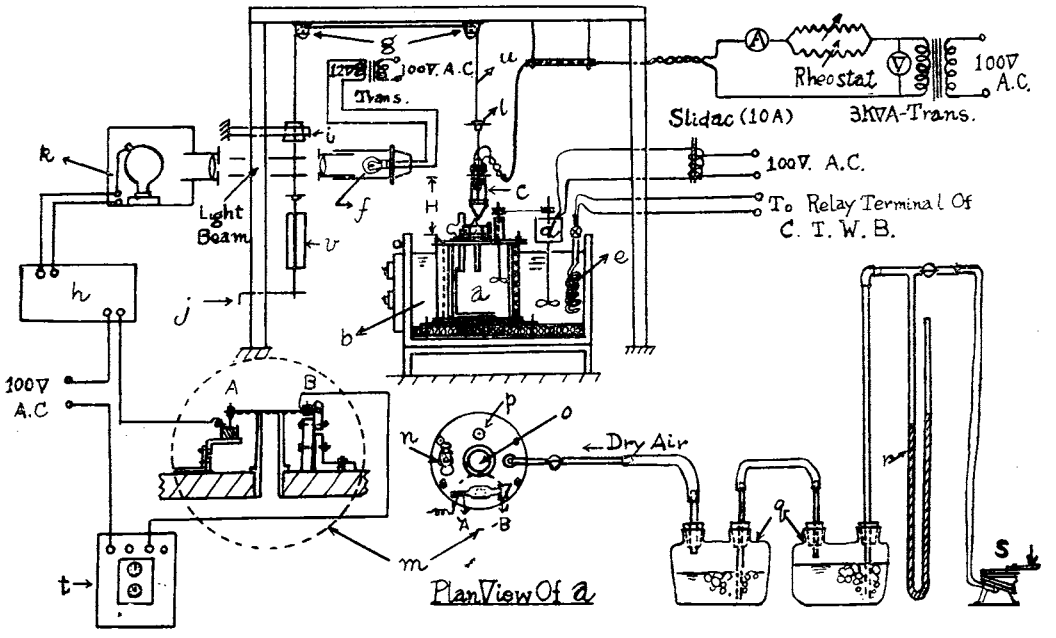


Fig. 1 Schematic Diagram Of Experimental Apparatus.

The Explanation of letters in Fig. 1.

a : Combustion Chamber (See Fig. 2a, Fig. 2b, Fig. 2c.), *b* : Constant Temperature Water Bath (C. T. W. B.) *c* : Device for Fixing Heated Wire (See Fig. 3.), *d* : Motor (1/20HP.) for Stirring, *e* : Toluol-Hg Temp. Regulator, *f* : Light Projecter Contained 50 C. P. Lamp, *g* : Fully, *h* : D. C. Amplifier and Thyratron Relay Circuit (See Fig. 4.), *i* : Device for Stopping, *j* : Trigger for Dropping down *c*, *k* : Dark Box (Contained Photoelectric Tube, *l* : Disc for Mounting Weights, *m* : Device for Exhausting out Combustion Gas and Opening The Circuit, *n* : Cock for Injecting Flammable Liquids into *a*, *o* : Opening for Dropping *c* into *a*, *p* : Stirrer, *q* : Glass Vessel (Contained Conc. H_2SO_4, *r* : U Tube, *s* : Bellows, *t* : Cycle Counter, *u* :Fishing Line, *v* : Plate for Cutting off Light Beam, *H* : Dropping Height of *c*.

m以下の種々の直径のものを用いた。この加熱金属線は3kVA.の変圧器の2次側に接続され，この実験中，電圧は69～86V.（A.C.）のほゞ一定値に保たれ，加熱金属線に流れる電流は2ケの並列接続のrheostatにより調整された。原則として一定の混合気体，一定の濃度の実験完了毎に，新しい加熱金属線と取りかえ，加熱金属線の状態をなるべく同一条件に保つようにした。混合気体を入れる容器*a*は**Fig. 2a**に示される通りであるが，*a*を一定温度に保つための恒温水槽*b*は（註）の場合を除き使用しなかつた。ふいごS（（註）の場合を除く）よりU字管*r*の圧力差平均約20mmHgにて，空気を濃硫酸入ガラス壜*q*中に送りこみ，濃硫酸中に入つた空気は約20cmの高さの濃硫酸の液柱をbubbleして乾燥空気(第1段の濃硫酸壜をでるときに殆ど乾燥空気になる）となり，*a*の乾燥空気入口より容器内に入り，容器内の湿潤空気をこの際伴つてexhaust tubeより外に出る。この操作は，着火の際の燃焼生成ガスの排気とを兼ねて約10～15min.位（空気の容器*a*内への流入量は，気泡の生成の程度からの目見当で約

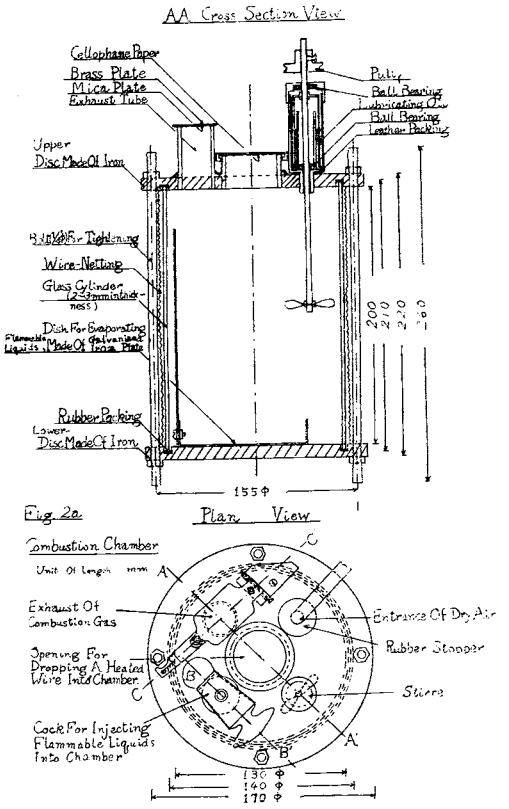


Fig. 2a

20cc/secとみなした。）行い，a内が乾燥空気で充たされるようにする。次にexhaust tubeの上面に薄くグリーズをつけて，これに真鍮製蓋（裏面に極めて薄い雲母板を張つてある）を軽くのせる（**Fig. 2c**参照）。可燃性液体を入れた皮下注射器(3c.c.入)をcockに挿入し（**Fig 2b**参照），細い注射針より容器内の亜鉛鍍鉄板製

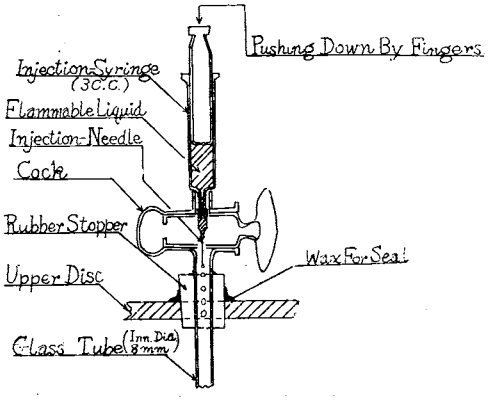


Fig. 2b BB' Cross Section View Inserted by Injector-Syringe

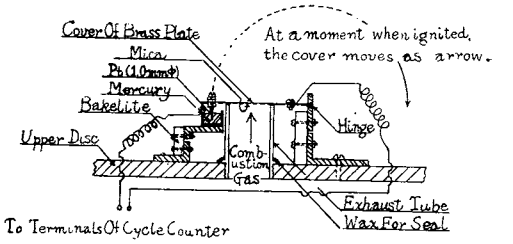


Fig. 2c. CC' Cross Section View

の蒸発皿中に所定量を滴下し，滴下し終ると，注射器をとり，直ちにcockを閉ぢる。それからstirrerを廻転せしめて，蒸発を促進せしめると共に，容器内で空気と可燃性液体の蒸気とが混合して均一な濃度になるようにする。stirrerによる攪拌時間は可燃性液体の種類，滴下量，そのときの気温により異なるが，大体完全

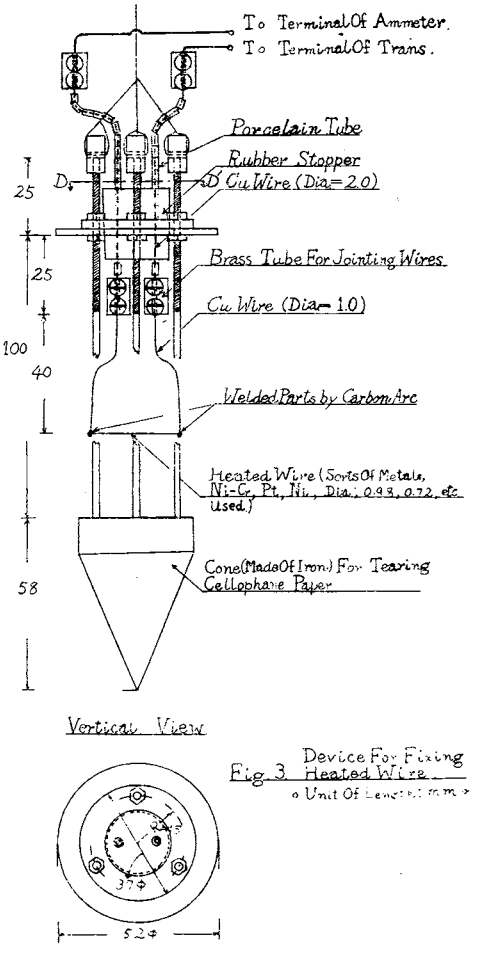


Fig. 3 Device For Fixing Heated Wire

に蒸発するに要する時間（可燃性液体が蒸発皿にないときの皿面と，可燃性液体が蒸発皿にあるときの液面との光の反射の相異より判断）より更に3～5 min.余分に攪拌した。一方加熱金属線を通る電流値がほゞ一定値になつたとき，jを引き抜いて，cを落下せしめる。cの尖端の円錐状の突起により，aの上面中央部の円形の投入孔oに張つてあるセロフアン紙は破られ，加熱金属線はcの一部と共に容器内に入り，混合気体を着火せしめる。

（i）着火おくれτの測定

この際，cが落下すると，遮へい板vが上昇して，暗箱kの中に入れてある光電管にあたつてゐる光束を遮断して，リレーをはたらかせ，サイクルカウンターを作動させる（**Fig. 4**参照）

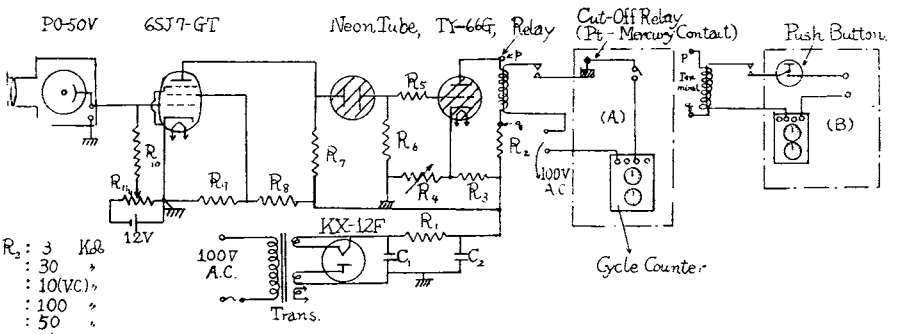


Fig. 4. Circuit Using Cycle Counter For Measuring Time Lag Of Ignition

次に着火が起り，exhaust tubeの上面に載せてあつた蓋が開いて，**Fig. 4**, (A)の回路がきれ，サイクルカウンターがとまる。サイクルカウンターの最初と最后のよみの差から，その作動時の商用周波数を周波計でcheckして，着火おくれをきめた。

（ii）加熱金属線の表面温度Θの測定

一定の電圧の下で，加熱金属線に流れている電流値の落下直前と着火直前（着火しないときは，加熱中止の際の）の値の平均値を以て，そのときの加熱金属線の表面温度Θを定める電流値とし，実験の際に，そのときの電圧と共に記録し，別に加熱金属線の種類，直径の異なる毎に，横河電機製OP－I型 optical pyrometerにより，電流値とoptical pyrometerのよみとの関係を較正しておき，更に加熱金属線が完全黒体でないための補正値を加えて，加熱金属線の真の温度を決定した（§ 4, (i), (a) 参照）。

（iii）混合気体の温度の決定

分子量Mなる可燃性液体mgを1 atm., V l.の容器中で完全に蒸発せしめ，空気と均一に混合し，このときの容器内の温度t°Cに於てa'%（Volume）の濃度の混合気体が得られたとすれば，気体に関する法則より（1）式が成り立つ。

$$m = a'MV/22.4\ (1+t/273) \qquad (1)$$

この実験中の平均温度t°Cとして，各混合気体の爆発範囲内にあるような適当な濃度a'%を決めて，（1）式よりmを定め，このmを一定にして即ち一定容積の可燃性液体を注射筒（その目盛の較正を予め行つた）より，容器内に滴下した。容器内にて生じた可燃性液体の蒸気は，温度t°Cで，一定の蒸気圧$p$mm Hgを有する。気体に関する法則より，この蒸気圧pは（2）式より求めることができる。

$$p = p_0V_0(273+t)m/V.273M \qquad (2)$$

こゝにp_0=760mmHg, V_0=0°C, のとき，可燃性蒸気1 molのしめる容積=22.4 l, V=容器容積=2.65 l, t=実験時の平均温度；°C,

然るに着火の際の容器内の混合気体はほゞ1 atmに保たれる故，こゝで実験に用いたすべての可燃性液体の蒸気密度が空気のそれにくらべていづれも大である事を考慮すれば，可燃性液体の蒸気圧pに相当する分の容器内の空気が

容器外に追出されることになる。結局実際の濃度aは（3）式により求める。

$$a=p/(p_0-p) \qquad (3)$$

（1），（2），（3）式の関係より，p，p_0を消去し，aとa'との関係を求めれば，（a'をきめたときの温度とpをきめたときの温度が一致しておれば）（4）式をうる。

$$a=(1+a)\,a' \qquad (4)$$

（4）より，実際の濃度aは，（1）式に於てmをきめるために定めた濃度aよりは常に大きい濃度を示すことになる。実験に使用した可燃性液体の物理的性質並びに二，三の文献[5],[6],[7]による着火温度を **Table. 1** に示す。

Table. 1, Physical Properties and Ignition Temperature of Combustible Liquids from a Few References.

+ a representive value
++ 1 liter flask used

Substances		Specific Gravity, water=1	Vapor Density Air=1	Boiling Point, °C	Explosion Limit % by Volume Lower	Explosion Limit % by Volume Upper	Ignition Point (Temp.)°C Ref(5)+	Ignition Point (Temp.)°C Ref(6)++	Ignition Point (Temp.)°C Ref. (7)
Acetone $CH_3CO\,CH_3$ (Dimethyl Ketone)		0.792	2.00	57	2.6	12.8	540	491	500
Benzol C_6H_6 (Benzene)		0.88	2.77	80	1.5	8.0	540	559	700
Carbon Disulphide CS_2 (Carbon Bisulphide)		1.256	2.64	46	1.0	50.0	150	110	100
Ethyl Alcohol C_2H_5OH (Ethanol)		0.79	1.59	78	3.5	19.0	370	391	450
Ethyl Ether $C_2H_5OC_2H_5$ (Diethyl Ether)		0.71	2.56	34	1.9	36.5	180	170	
Petroleum	Gasoline								
	65 Octane							248	
	73 〃							258	
	87 〃							412	
Compound	n-Pentane, C_5H_{12}			36				258	
	n-Hexane, C_6H_{14}			69				240	
	n-Heptane, C_7H_{16}			98				223	
	n-Nonane, C_9H_{20}			151				211	
Methyl Alcohol CH_3OH (Methanol)		0.792	1.11	64	6.0	36.5		428	500

（註）

この実験の初期に於ける0.98mmφ×60mm，0.98mmφ×120mmのNi－Cr線を加熱金属とする二硫化炭素混合気の着火の実験に於ては，実験時が丁度厳寒期にあたつていたゝめ，容器aを恒温水槽b内の水中に入れ，水温を26±1°Cに保ち，混合気体の温度を15±2°C位で行なつた。但しこの際exhaust tubeのかわりに，先ず容器内に乾燥空気を充たすために，ガラス管により貫通されてゐるゴム栓をexhaust tubeのない孔に入れ，このガラス管を通してアスピレーターに連結し，これによつて乾燥空気を容器a内に入れ，容器aが乾燥空気で充たされると，このガラス管つきゴム栓をはづし，その孔をコルク栓で閉ぢる。コルク栓を閉ぢて後は前述の方法と同様にして，一定の濃度の混合気体をつくつた。着火おくれを測定するに際し，引金jを引き抜いてcを落下させるとき，**Fig. 4**，(B)に示すように押しボタンをおしておき，cが落下して，サイクルカウンターが作動し始めるのは前述の通りであるが，着火，爆発のとき発生する焔又は爆発音により，この押しボタンをおすのをやめて，回路をきり，サイクルカウンターを停止せしめた点が異なる。加熱金属線を落下する直前に，危険を防止するためコルク栓を適当にゆるめ，着火，爆発の際，コルク栓が飛ぶようにした。このとき用いた加熱金属線保持装置cには，**Fig. 3**のDD'断面図にある52mmφの円形板がなく，37mmφの円形板のみの場合であつたので，投入口（40mmφ）よりcの大

部分が容器内に入り，加熱金属線はほゞ容器の中央部に位置を示めるようにした。このときの落不距離Hは約30cmであつた。なお加熱金属線の温度は，**Fig. 5, Fig. 6**, に示したように，水平部分の中央の点O, O'の鉄-コンスタン熱電対（夫々N_i-C_r線に熔接されている）の温度を以て代表せしめた。

§ 3．実験經過並びに結果

（i）N_i-C_r線を熱源とした場合のその表面温度Θと可燃性混合気体の着火おくれτとの関係

（a）二硫化炭素

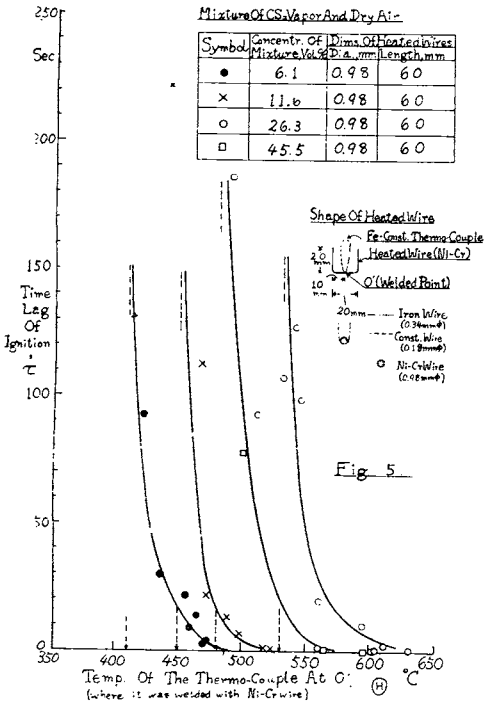


Fig. 5

加熱金属線として，§ 2,（註）に記したように，特別の寸法，形状のものが用いられた。（**Fig. 5, Fig. 6** 参照）加熱金属線の表面々積の相異による着火温度*)の相異をしらべるため同一の直径（0.98mm）のものを用いたので，その表面積を変えるため長さを変化させた。加熱金属線が特別の形状になつたのは，実験装置の寸法の制限のためである。二硫化炭素の引火点は−30°C，爆発範囲は 1〜50% と非常に広く，非常に着火しやすいものといわれてゐるの

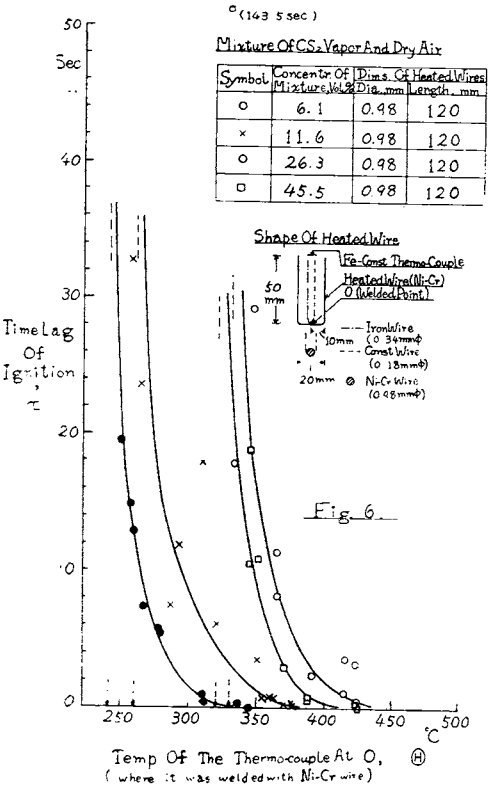


Fig. 6

で，広い濃度範囲にわたつて，濃度の相異による着火温度の相異についてもしらべた。二硫化炭素混合気の着火温度は低く，加熱金属線の温度を光高温計（optical pyrometer）によつて測定できないので，加熱金属線のO'及びO点（**Fig. 5, Fig. 6** 参照）にそれぞれFe線（0.34 mmϕ）及びConst.線（0.18mmϕ）をN_i-C_r線をはさんで夫々熔接して，これをFe-Const.熱電対の高温接点とした。従つてこれらの二点の温度は熱電対にはさまれたN_i-C_r線の部分の平均温度を示すことになる。一応この温度と着火おくれとの関係を求めた。熱電対の高温接点の熔接のもりの相異でその熱容量も変化するとが考えられ，再現性の点で問題はあるが，**Fig. 5, Fig. 6** のぐらふ上の点は多数回の実験により比較的再現性がよかつたものである。この結果から，濃度の小なるもの程，着火温度が低く（但し26.3%と45.5%の所で逆になる。）加熱表

*) ここではその温度以下では着火が起らない温度即ち着火おくれ$\tau=\infty$のときの熱源の温度のことで，この実験では着火の頻度が1/2〜1/3以下の所といつてもよい。

面々積が大きい程，着火温度が低いということが定性的にいえる。着火のおくれ時間についていえば非常に大であり，max. 5～6 min.に達したことは，特筆すべき事と思われる。濃度が濃くなるにつれて，着火の際の爆発音も強くなり，SO_2 の発生量も増すがそれ以外に遊離したSが容器内面に附着する量も多くなつた。この事は明らかに不完全燃焼であることを示す。

(b) アセトン

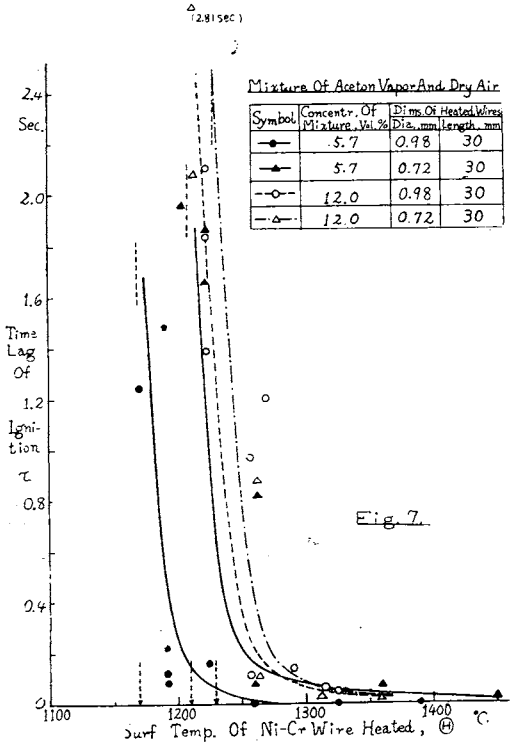


Fig. 7.

爆発範囲内の2種類の濃度5.7%，12.0%で行つた。その結果は **Fig. 7** に示すとおりで，濃度の小なる方が着火温度低く，5.7%の場合に，加熱表面々積が大きい方（直径が大なる方）が着火温度が低い傾向がみられるが，12.0%の場合には，加熱表面々積の影響は明瞭でなかつた。最大の着火おくれは2～3 sec.で，それ以上の場合には全然着火しなかつた。

(c) ベンゾール

Fig. 8 に示すとおりで，こゝでも加熱表面々積の大なる方が（直径の大なる方が），着火温度の低い傾向がみられるが，特に著しい点は，着

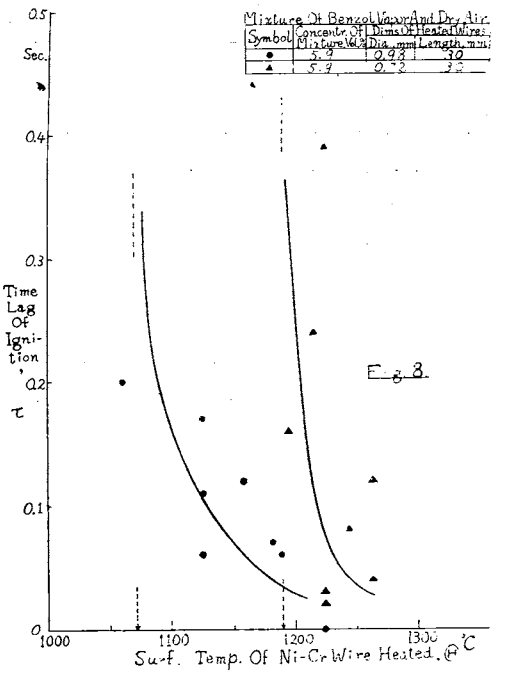


Fig. 8.

火おくれが非常に短く，max. 約0.5sec.で，それ以上では着火しなかつた。従つてΘ-τ 曲線の立上りは急峻である。着火の際の焔の色は，遊離Cを含んだ赤みがつた特有の色で，容器特にガ

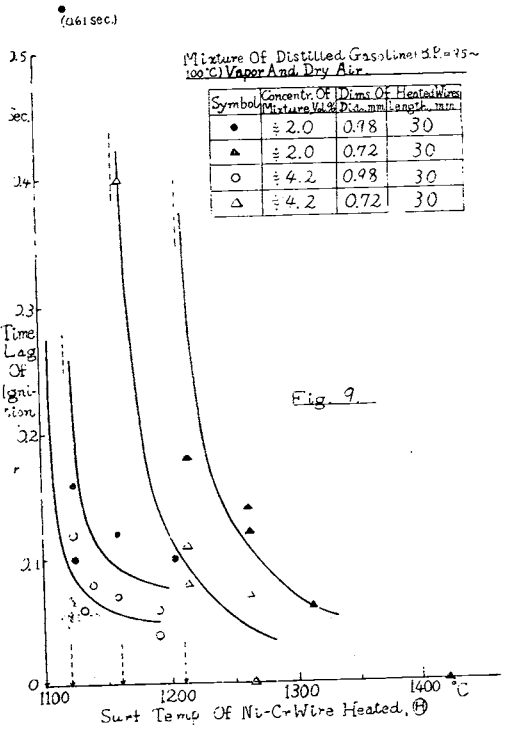


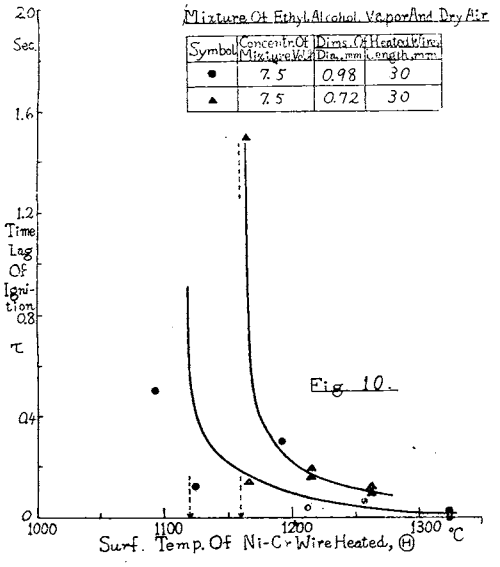
Fig. 9.

ラスの内面を一回の着火で薄黒く汚した。

(d) 蒸溜ガソリン

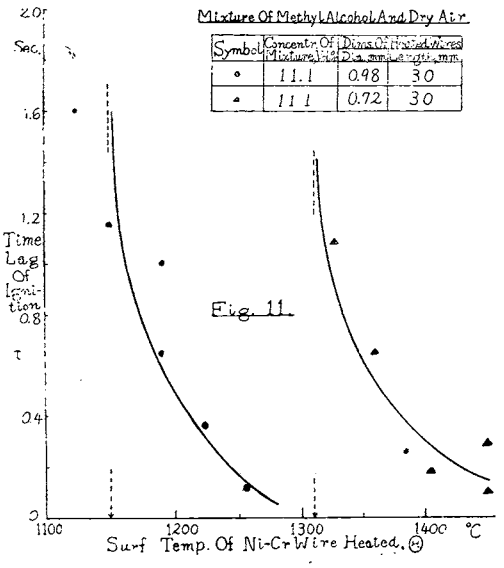
市販のガソリンそのまゝでは，複雑な化学成分で，これを使つて，その濃度を決めることはかなり面倒であるため，蒸溜により比較的簡単に所要量の試料がえられ，かつ n-Heptanの沸点(B. P.)=98°C であることから，沸点=95～105°Cで蒸溜したものを用いた。従つて濃度は，この蒸溜ガソリンが100%のn-Heptan, C_7H_{16} であるとして決定した。濃度は2.0%，4.2%の2種類の場合についてのものである。4.2%のものが2.0%ものよりも着火温度が低いという結果が得られた。加熱表面々積の大なる方が，着火温度が低いという結果は，2種の濃度の場合に得られた。ベンゾールの場合と同様，着火おくれは非常に短かく，最大の着火おくれは0.4～0.5 sec., でこれ以上の着火おくれでは着火しなかつた。従つて$\Theta-\tau$ 曲線の立上りは極めて急峻である (**Fig. 9** 参照)

(e) エチルアルコール



蒸発さすのに多大の時間を要するため，他の混合気体程の回教の実験は行なえなかつたが，**Fig. 10** に示すとおり，加熱表面々積が大きい方が着火温度が低いという結果をえた。着火のおくれの最大は，1.6～2.0sec位で，着火しないとき容器から排出されるガスは，特有の刺戟臭をもつており，これはN_i-C_r線の両端の銅線によつて熔接した部分の銅が300°C 以上になつているため，これとエチルアルコール蒸気との接触によつて，$C_2H_5OH=CH_3CHO+H_2$, にて示されるように，アセトアルデヒドを生じたためと思われる。

(f) メチルアルコール

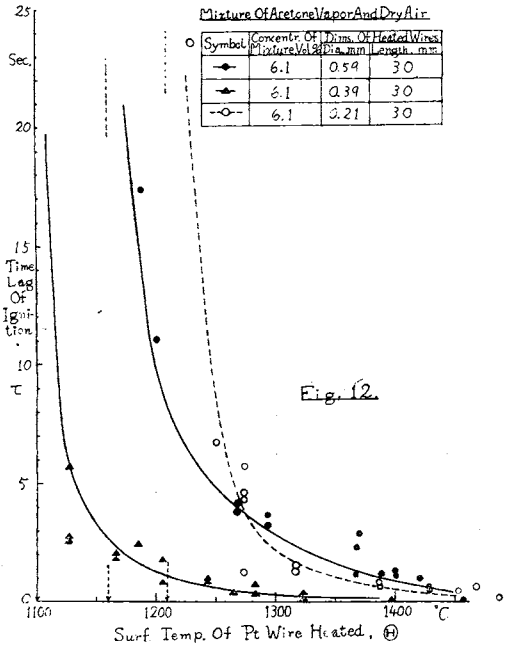


エチルアルコールの場合と同様蒸発さすのに多大の時間を要したのと，メチルアルコールの着火温度が予想以上に高く，このため 0.72mm φのN_i-C_r線の場合には，数回にわたつて切れ，実際にぐらふ上にプロットできる点の数は少なくなつた。**Fig. 11** に示すとおり，加熱表面々積の大い方が，着火温度が低いという結果をえた。着火しないときに，排気ガスは特有の刺戟臭をもつていたが，これはエチルアルコールの場合と同様に，比較的高い温度に加熱せられた銅 (N_r-C_r線との熔接部分の銅) とメチルアルコール蒸気との接触による酸化反応 ($2CH_3OH+O_2=2CH_2O+2H_2O$) によりホルムアルデヒドを生じたためと思われる。

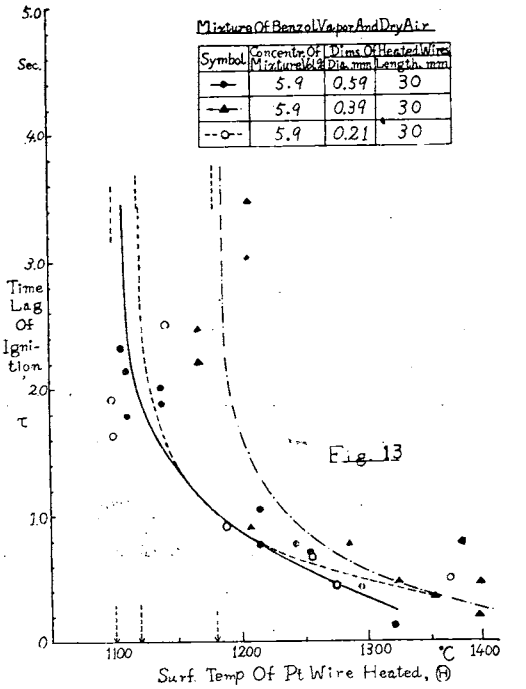
(ii) Pt線を熱源とした場合のその表面温度Θと可燃性混合気体の着火おくれτとの関係

不均一系の反応に於ては，2相の接触する界面の性質が微妙な影響を及ぼすといわれてお

り，今の場合は固相と気相で，特に固相の表面の性質が問題になるように思われる。そこで最も触媒作用の著しいといわれているPt線を加熱金属線として選び，何かNi－Cr線の場合と異つた特徴があるのではないかとの予想をもつて始めた。アセトン，ベンゾールの2種の混合気体について，Ni－Cr線について行つたときとほゞ同じ濃度，即ちアセトンは6.1%，ベンゾールは5.9%で行なつた。加熱表面々積による影響をしらべるため，面積の比がほゞ1：2：3になるように，0.21mmφ，0.39mmφ，0.59mmφの三種の太さのものを加熱金属属線として用いた。

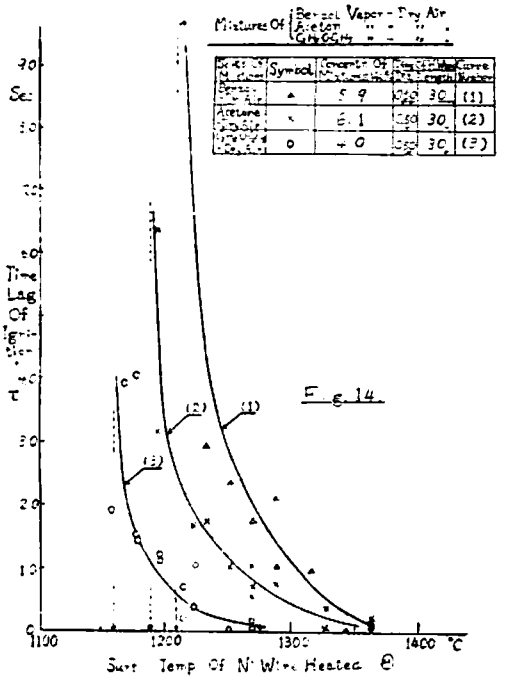


実験の結果は**Fig. 12**, **Fig. 13**に示すように加熱表面々積が着火温度に及ぼす影響については，Ni－Cr線を熱源とした場合に得られた結果（即ち加熱表面々積の大きいが着火温度は低い）は必ずしも成り立たなかつた。(**Fig. 7**, **Fig. 8**) 然しΘ－τ曲線の立上りはNi－Cr線の場合にくらべて，極めて緩やかであり，かつ最大の着火おくれは，ベンゾールでは，5～6 sec.，アセトンでは，50sec.位にも達した。着火温度の方は，Ni－Cr線にくらべて，大きな差異は認められなかつた。



(iii) Ni線を熱源とした場合のその表面温度Θと可燃性混合気体の着火おくれτとの関係

Ni線として，0.50mmφ×30mm のものしか使えなかつたので，加熱表面々積の大小による影響についてはしらべることができなかつたが，アセトン，ベンゾールについては，Ni－Cr線，Pt線の場合との比較の意味で行い，二硫化炭素に次いで着火温度低く，危険性の大きいといわれるエーテルの着火温度をしらべるためにエーテルについて，更にNi－Cr線の場合の結果を確める意味で二硫化炭素について，実験を行なつたのである。アセトン，ベンゾールについて，Θ－τ曲線の立上りがPt線の場合にくらべてやゝ急で，Ni－Cr線の場合よりはゆるやであつた。(**Fig. 14**, Curve(2)，(1)参照) 最大の着火おくれは，アセトンでは，7～8 sec. ベンゾールでは，9～10 sec.であつた。エーテルの着火温度は，意外に高く，アセトン，ベンゾーンの場合とほとんど変らない位の高温度であることがわかつた（**Fig. 14**, Curve(3)参照)。二硫化炭素の場合には，濃度6.1%で行なつたが，肝心の着火おくれτ＝∞の附近の表面



温度Θを低温度のため光高温計で測定できないので，ぐらふ上にΘ－τの関係をプロットしなかつたが，τ＝0.10secのとき，Θ＝730°C（電圧＝A. C. 80±1V.：電流＝10.0A），τ＝4.74sec.のとき，Θ＝？（電圧＝A. C. 80±1V.：電流＝7.4A）で，このτ＝4.74 sec.附近のΘが大体着火温度と考えられる（着火頻度＝1／3）。電流と光高温計のよみとの較正曲線を外挿して，電流＝7.4Aの場合のΘを求めると，約360°C位になる。この値は，N_i-C_r線の0.93mmφ×60mm，二硫化炭素混合気の濃度＝6.1％の場合の着火温度410°Cにほゞ近い値である（Table. 2 参照）。

（iv）加熱金属線の種類，加熱表面々積（主として直径）と種々の可燃性混合気体の着火温度との関係

（i），（ii），（iii）にて記述のものを，まとめて表にして，Table. 2，Table. 3 に示す。

Table. 2, Effect of Conentrations of the Mixture, Dimensions and Shapes of Heated Wires on Ignition Characteristics of the Mixture of CS_2 Vaporand Dry Air.

Concentration of Mixture, % by Volume	Ignition Temperature, °C — Heated Wire : Ni-Cr. Wire. Shape : See Fig. 5, Dimensions : 0.98φ × 60mm	Shape : See Fig. 6, Dimensions : 0.98φ × 120mm
6. 1	4 1 0 +	2 4 0 ++
1 1. 6	4 5 0 +	2 6 0 ++
2 6. 3	5 3 0 +	3 3 0 ++
4 5. 5	4 8 0 +	3 2 0 ++

+ The temperature of thermo-couple of O′point (See Fig. 5) is regarded as a representive temperature of the heated wire, i. e. "ignition temperature".
++ The temperature of thermo-couple of O point (See Fig. 6) is regarded as a representive temperature of the heated wire, i. e. "ignition temperature".

この表によれば，二硫化炭素の場合を除き，加熱金属線の種類による，又混合気体の種類による着火温度の顕著な相異は認められないことがわかる。

（v）混合気体の濃度と着火温度との関係

この実験に使

Table. 3, Ignition Temperature of combustible Mixtures by Heated Wires of Small Sizes Based on the Auther's Experimental Results.

Sorts of Combustible Vapors mixed with Air	Sorts of H. W. / Length of H. W., mm / Diameter of H. W., mm / Concentr. of Mixture, % by Volume.	Ignition Temperature, °C — Ni-Cr Wire		Pt. Wire		NiWire	
		30	30	30	30	30	30
		0.98	0.72	0.59	0.39	0.21	0.50
Acetone (CH_3COCH_3)	5.7 ～ 6.1	1190	1210	1110	1170	1120	1190

	12.0	1230	1220	—	—	—	—
Benzol (C_6H_6)	5.9	1080	1190	1170	1100	1220	1210
Carbon Disulphide (CS_2)	6.5	※	—	—	—	—	<700
Distilled Gasoline (B.P.=95～105°C)	2.0	1120	1210	—	—	—	—
	4.2	1100	1160	—	—	—	—
Ethyl Alcohol (C_2H_5OH)	7.5	1120	1160	—	—	—	—
Ethyl Ether ($C_2H_5OC_2H_5$)	4.0	—	—	—	—	—	1160
Methyl Alcohol (CH_3OH)	11.1	1150	1310	—	—	—	—

※ See Table. 2 for Ignition Temperature by Heated Ni-Cr Wires of Dimensions as follows : 0.98mmφ × 60mm and 0.98mmφ × 120mm.

つた可燃性液体の蒸気が完全燃焼する場合を考えると，次の化学方程式が成り立つ。

$$CS_2 + 3O_2 = 2SO_2 + CO_2 \quad (5)$$
$$C_3H_6O + 4O_2 = 3CO_2 + 3H_2O \quad (6)$$
$$C_6H_6 + 7.5O_2 = 6CO_2 + 3H_2O \quad (7)$$
$$C_7H_{16} + 11O_2 = 7CO_2 + 8H_2O \quad (8)$$
$$C_2H_6O + 3O_2 = 2CO_2 + 3H_2O \quad (9)$$
$$CH_4O + 1.5O_2 = CO_2 + 2H_2O \quad (10)$$
$$C_4H_{10}O + 6O_2 = 4CO_2 + 5H_2O \quad (11)$$

一般に可燃性液体の蒸気と空気との混合気体において，空気中の酸素の含有量を21%とし，完全燃焼する際の混合気体の濃度をa% (volume) とし，かつ可燃性液体の蒸気 1 mol に対して，完全燃焼に要する酸素の mol 数をxとすれば，次の関係式が成り立つ。

$$a : (1-a) \times 0.21 = 1 : x \quad (12)$$
$$\therefore a = 0.21/(x + 0.21) \quad (13)$$

二硫化炭素が完全燃焼するためには，(5) より$x=3$，(13) より$a=6.5$%。同様にしてアセトンに対し，$x=4$，$\therefore a=5.0$%；ベンゾールに対し，$x=7.5$，$\therefore a=2.7$%：ノルマルヘプタンに対し，$x=11$，$\therefore a=1.9$%；エチルアルコールに対し，$x=3$，$\therefore a=6.9$%：メチルアルコールに対し，$x=1.5$，$\therefore a=12.3$%：エーテルに対し$x=6$，$\therefore a=3.4$%となる。

一方実験の結果，二硫化炭素の場合，完全燃焼の濃度6.5%に最も近い濃度6.1%で，最小の着火温度を示し，アセトンの場合，完全燃焼の濃度5.0%に近い濃度5.7%の場合の着火温度が，濃度12.0%の場合のそれより低いことがわかつた。但し蒸溜ガソリンの場合では，4.2%の着火温度は，完全燃焼の濃度1.9%に最も近い濃度2%のそれよりは低かつたという反対の結果もえられたが，然し沸点95～105°Cにて蒸溜したものを，100%のノルマルヘプタンと考える事に無理がありはしないかと思う。

§4. 検　　討

(i) 実験の精度

(a) 加熱金属線の表面温度の測定誤差

§2. (ii) で述べた方法によつて，表面温度Θを決めたわけであるが，熱源は19cm の距離を落下するので，自由落下であるとすると，19cm の所では，計算上落下速度は約2m/sec.に達し，熱源表面の冷却を無視できなくなるが，この実験の場合は，自由落下でなく，かつセロフアン紙を破つて投入口より入るとき，円錐状の部分の周縁部と破れたセロフアン紙との摩擦により落下速度はかなり減らされるので，Θをきめるに際しては，落下による冷却を無視した。この実験で使つた加熱金属線，即ちN_i-C_r線，Pt線N_i線の直径の異なる毎に，電流と光高温計のよみとの較正曲線をつくつた。光高温計として，横河電機製 OP-I 型光高温計を使用した。この光高温計は元来爐の温度等の比較的大きな寸法の一様な高温度の熱源の温度を知るために作られたもので，纖条のような細い小さな物体の温度を測定するのは無理なのであるが，現在この実験で使つた加熱金属線のような固体の表面温度を精密に，しかも簡単に測定できるよい方法

を著者は考案できなかつたので，やむなくこの計器によつて測定した。従つて，Ni−C_r線；0.98mmφ，Pt線；0.59mmφ，Ni線；0.50mmφの場合の較正曲線，**Fig. 16, Fig. 15 Fig. 17,** にて例示されてゐるように，max. ±50°C位の

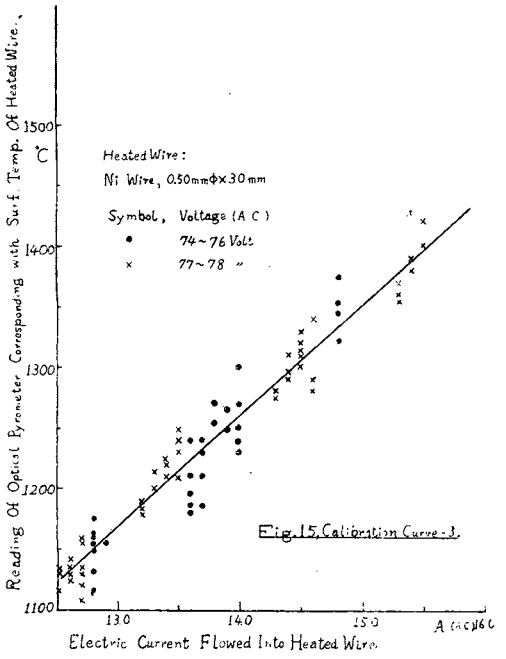


Fig.15, Calibration Curve-1.

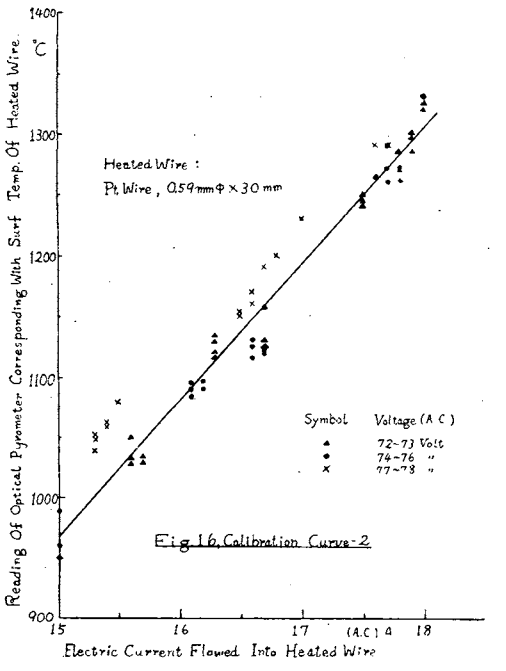


Fig.16, Calibration Curve-2

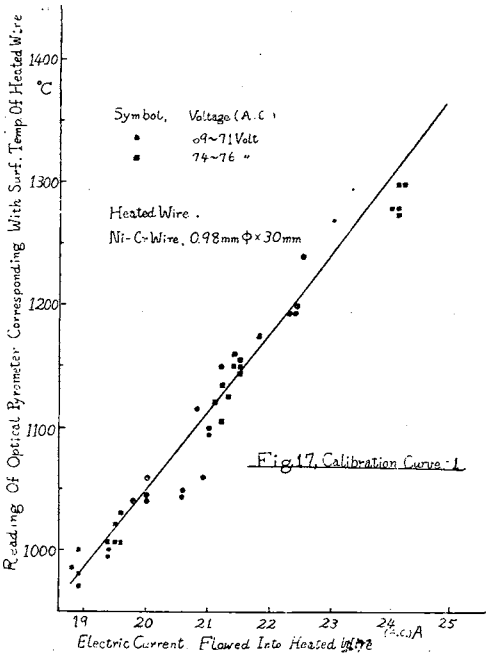


Fig.17, Calibration Curve-1

誤差はやむをえなかつた。なお実際には加熱金属線の全体の長さ（3 cm）が一様な温度Θになつたのではなく，加熱金属線の両端のCu線との熔接部分附近はC_u線えの熱伝導で温度低く，赤熱されるに到らず，正確な温度分布はわからないがほゞ一様の温度に赤熱せられるのは，加熱金属線の両端よりそれぞれ5.0〜7.5mm除いた中央の部分（25〜20mmの長さ）である。完全黒体でないための輝度温度(光高温計のよみ)と真温度との補正として，赤色フィルター（$\lambda=0.65\mu$）を使つたので，単色輻射率ε_λはN_i-C_r線（明瞭な成分分析してないものを使つたのでクロメルの場合と同じとみなす）に対しては，$\varepsilon_\lambda=0.87$[8]，P t線に対しては，$\varepsilon_\lambda=0.3$[9]，N線(住友電気工業K.K.分析結果；N_i（C_0）；99.849%，M_n，0.07%，M_g；0.03%，F_e：0.03%，S_i；0.01%，C_u；0.01%，S：0.001%，C：W）に対しては，酸化ニツケルと同じと考え$\varepsilon_\lambda=0.9$[10]とした。単色輻射率ε_λなる物体の真温度t°Cと輝度温度S°Cとの間の関係式より，ε_λの種々の値につき，Sに加えるべき補正値$(t-S)$の図表[11]があるから，その図表により，補正値を求めこれを輝度温度（光高温計のよみ）に加え，真温度をきめたが，この補正値を決めるときの誤差

はε_λをきめるときの誤差で，もしあつても僅かで無視できる程度である。この実験の初期に於て，二硫化炭素混合気の着火実験にのみ使つた0.98mmϕ×60mm，0.98mmϕ×120mmϕの2種のN_i-C_r線の場合には，Fe-Const. 熱電対を使つたが，この熱電対の温度は，§ 3,(i),(a)で既述のように，熱電対の高温接点にはさまれた部分の平均温度である。**Fig. 5**, **Fig. 6**の横軸の温度Θは，熱源が落下直前の静止状態のときの熱電対の示す温度をとつたので，熱源が30 cmの距離を落下し，途中セロフアン紙と円錐状部分の周縁との摩擦で減速されるにしても，熱源が容器の中央部に到達し，静止するまでの時間（約0.2sec.）よりも短い時間の着火おくれに対応する熱電対の温度のみを考えても（熱電対の熱容量による時定数を考えない）若干誤差を伴うことは考えられる。併しながら，二硫化炭素の場合の着火おくれは，相当大きなもので，着火温度（$\tau=\infty$の場合）を測定する目的のためには，熱電対の熔接の仕方を一定にできないので，短時間の着火おくれの場合に再現性に問題はあるが，落下の際の冷却というような短時間の影響はあまり問題にならないので，熱源の表面温度を厳密に論じない定性的な結論をうるにはこれでもよいと思う。温度測定という立場からはなれて不均一系の反応をしらべるという立場にたてば，熱電対を加熱金属線に熔接するやり方だと熱電対自身の触媒効果等も考えられ，あまり良い方法であつたとは思えない。このような固体熱源の広い温度範囲にわたる表面温度の精密な測定方法の確立されることが要望される。

(b) 着火おくれ測定の誤差

標準の商用周波数は絶えず周波計でしらべたので，これには殆ど誤差は考えられない。たゞサイクルカウンターのよみの誤差＝±0.5~で，標準商用周波数の変動は50～47~で，最大の着火おくれの誤差＝±0.5/47≒±0.01secである。

(c) 混合気体の濃度の誤差

混合気体の実際の濃度aは（3）式より計算される。3（式）より，aの誤差Δaと蒸気圧の誤差Δpとの関係を求めると（14）式をうる。

$$\Delta a=p_0\Delta p/(p_0-p)^2 \qquad (14)$$

（3）と（14）とより

$$\Delta a/a=\{\Delta p/p\}\{p_0/(p_0-p)\} \qquad (15)$$

$$(\Delta a/a)_{max.}=\{\Delta p/p\}_{max.}\{p_0/(p_0-p)\}_{max.} \qquad (16)$$

（2）より，$\Delta p/p$の関係を求めると

$$\Delta p/p=\Delta t/(273+t)+\Delta m/m \qquad (17)$$

（17）を（16）に代入すれば

$$(\Delta a/a)_{max.}=[\{\Delta t/(273+t)\}_{max.}+\{\Delta m/m\}_{max.}]\cdot\{p_0/(p_0-p)\}_{max.} \qquad (18)$$

実験条件より，各項の値を決めると，$\{\Delta t/(273+t)\}_{max.}=\pm0.024$, $\{\Delta m/m\}_{max.}=0.111$, $\{p_0/(p_0-p)\}_{max.}=1$となる故に結局$(\Delta a/a)_{max.}=\pm0.135$ i. e. ±13.5%となる。

(ii) 他の種々の測定方法により決められた着火温度との比較検討

(a) 種々の文献による検討

密度，粘性等の物理的量は，一義的な定義により決定されているが，着火温度に対しては，未だ一義的な定義がないので，種々の測定方法測定装置等の実験条件により，その値がかなり異なつている。こゝで便宜上定義した着火温度とは既に § 3,（i）,（a）欄外に記述したように，その温度以下ではもはや着火しない温度即ち着火おくれ$\tau=\infty$の場合の熱源の温度のことで，着火頭度＝1/2～1/3以下になる場合の熱源の温度を着火温度と呼ぶことにする。最近の着火温度に関するSetchkinの論文[12]によれば着火温度を決める場合に使われる大部分の方法は，二つのグループに分類され，一つのグループは“rising-temperature”method（温度上昇による方法）に属するものであり，他の一つのグループは“constant-temperature”me--thod（一定温度の方法）である。即ち前者では，試料を着火装置に入れて，着火現象を示す明らかな証拠（急激な温度上昇等）が観測されるまで，着火装置の温度を時間と共に連続的に上昇させる方法であり，後者では，試料を着火装置に入れる前に，着火装置を予め試験すべき

一定温度にあげておいてやり，着火の起る最小温度がきまるまで行う。彼は又前者即ち"rising-temperature" methodの方は，常に一定の温度上昇率をもつて加熱せねばならず，再現性ある結果をうるには，特にcontrolが面倒である。又このような可燃性蒸気は，緩まんな温度上昇で加熱するときは，比較的安定な形の化合物に変化するおそれがあるので後者の方がよいといい，彼自身も"constant-temperature" methodによつて，着火温度をきめている。著者はこのSETCHKINの考えのほかに，火災の予防若しくは危険の予防という見地から，可燃性混合気体の存在する所に突然固体熱源が飛びこんできた状態を想定して，§ 2に詳述した着火方法をとつたのであつて，SETCHKINの測定方法の分類では，"constant-temperature" methodに属する。着火温度を測定する方法は，実に多種多様にのぼるのであるが，現在に於てもよく使われ，かつ知られている主要な方法は，**Table 4**[13],[14]に示すように，10とおり近くある。

Table. 4, Different Methods of theMeasurement of Ignition Temperature of a Combustible Mixture.

Method Number (M. N.)	Outline of Methods of Measurement.
1	A combustible mixture passes into a combusttion tube, max. temperature of which is known.
2	A combustible mixture is suddenly admitted into an evacuated vessel preheated to the desired temperature. (Evacuated-Vessel Method)
3	A combustible mixture is heated to the ignition temperature by adiabatic compression. (Adiabatic Compression Method)
4	A combustible substance, being preheated separately or together with air or oxygen, is allowed to pass through a pyrex tube, which is heated in a conventional furnace to the desired temperature. (Dynamic Tube Method)
5	A combustible mixture in a soap bubble is ignited by a platinum wire which is heated to the desired temperture.
6	A body (metal) heated to the desired temperature is projected into a vessel, in which a combustible mixture is contained.
7	A few drops of the liquid to be tested are allowed to fall into a platinum crusible or flask, previously heated to the desived temperature. (Oil Drop Method)
8	Another Methods except above seven methods; for example, (Bomb Method etc.)

この**Table. 4**によると，Method Number(M. N. 5，6は固体熱源による着火方法に相当し，著者の行なつた方法は6に属する方法である。酸素と水素の混合気が**Table. 4**にかゝげた種々の着火方法によつて，その着火温度が如何に変わるかを**Table. 5**に示す。即ち固体熱源による着火方法（M. N. 5, 6）によつて決められた着火温度が，他の測定方法（M. N. 1, 2, 3, 4）によつて決められたそれにくらべて，遙かに高くなつている。この原因はM. N. 6の場合は，他の方法特にM. N. 3の方法と比較して，前者（M. N. 6）が，熱源のまわりの僅かの容積の混合気体を一時的に加熱するに過ぎないに反し，後者（M. N. 3）は混合気体の全体の大きな容積が殆んど同時に加熱させる相異に基づくこと即ち加熱方法の相異に大いに依存していることがわかる。メタンガス，天然ガスと酸素との混合気体の種々の加熱金属による着火性[15]については，加熱金属線の種類によつて，例えば特に触媒作用の著しいといわれるPtでは，特にある濃度約9％位の所に於て，異常に高い着火温度を示すがNi, Stain less Steel, Au等

Table. 5, Ignition Temperature of the Mixture of Hydrogen Gas and Air

Method Number of Measurement, (See Table.4.)	Hydrogen Gas, Vol. %	Ignition Temperature °C	Remark
1	28.5	609	
2	28.5	550	
2	28.5	590	Vessel 350c.c.
2	28.5	625	Vessel 9c.c.
2	29.7	467	Vessel 24,100c.c.
3	28.5	571	
3	—	410	
4	—	470	
4	—	630	Ignition Lag 0.5sec.
4	—	572	Ignition Lag 15sec.
5	29.0	700	
5	27.0	715～860	
6	20.0	930	Pt, Dia. of Sphere, 2mm
6		800	Pt, Dia. of Sphere, 5mm

の金属では，そのような異常は示さないで，濃度の増加と共に着火温度は僅かながら直線的に増加していることが知られている。加熱表面々積と着火温度の関係については，天然ガス混合気のどの濃度に於ても，加熱金属としてNi Ri-bbonを使用した場合，その巾を1/4″，1/2″，1$^1/_2$″，と大きくするにつれて，その着火温度は順次下つているという結果が出されている。即ち加熱表面々積が大きくなるにつれて（この場合，Ni Ribbonの巾が大きくなるにつれて）着火温度は順次低くなるという結果である。これらの事実は，著者の実験結果によつても，若干裏づけることができる。

(b) 当研究所で，他の人々により行れた二つの実験について

著者がこの実験を始める以前に，加熱金属線による，ガソリン混合気及び二硫化炭素混合気の着火について，二つの実験が当研究所内で行われた。公の論文としては未発表のものであり著者もこれについての完全な資料が手許にないので，詳細な所で誤りがあるかもしれないことを予めおことわりしておく。

（イ）ガソリン空気混合気体の着火[16]

これに使用なれた着火容器は，上の開いた，底のあるガラス製のやゝ細長い円壔状のもので上に開いた口には，ゴム栓があめこんであり，なおこのガラス円壔の中央部より下の所の側壁にも口が開いていて，これにはコルク栓がはまつてゐる。上方のゴム栓には，ガソリン滴下用コック及びstirrer，更に着火時の爆発ガスを逃がすための口（コルク栓で軽く蓋をしておく）が設けられてある。コルク栓の方には，予め容器内に入れてあるコイル状のN_i-C_r線に電流を通ずるための電線がコイル栓を貫通し，これはスライダックに連結されている。先ず容器内に一定量のガソリンを滴下し，stirrerにより，一様な濃度の混合気にして後，N_i-C_r線に一定の電流を通じて，急激に加熱するこゝにN_i-C_r線に通ずる電流とN_i-C_r線の到達する温度は予め較正されている。N_i-C_r線に流れる電流を色々変えて，switch inから着火までの時間をストツプウオツチではかり，これを着火おくれτにとる。この場合の着火温度は$\tau=0$の所をとり，これは着火おくれとニクロム線の温度との関係を示す曲線から外挿法できめられた。この結果，この場合の着火温度は約940°Cであつた。

（ロ）二硫化炭素空気混合気の着火温度[17]

これには，四方に口がある球状の容器（4.17l）が用いられ，左右の口は，一方は電流及び熱電対の通つたゴム栓がはまり，他方はshock relayのある逃口となり，上方の口にはstirrerの通つたゴム栓がはまり，下方の口は，試料を入れるためのゴム栓がはまつている。容器の中央に着火源として鉛筆の芯（しん）（1.7mmφ×35mm〔有効長〕）が用いられ，3～5Aを通じて，急速に加熱された。直径0.2mmのCu-Const. 熱電対が芯の中央に接触して支持され，熱電対は直接3 element oscillographの一振動子に入れて，振動子のふれと温度との関係を較正しておいて，着火源の温度上昇曲線及び着火瞬間の温度を記録するようにしてある。又shock relayによつて，着火の際の爆圧で，他の一

振動子には，着火源に電流をswitch inしたときから着火爆発と同時にrelayが切れるまで，タイムマーク（1/144 min.間隔）が入るようになつている。二硫化炭素の所定量を容器に入れて，完全に蒸発せしめ，stirrerにより均一に混合して後，着火源に電流を通じ，着火せしめる。このような方法で，濃度は5％，10％の2種に対して行なわれた。oscillo.の記録に，熱電対の示す時間的なおくれを考慮して，熱電対の温度に補正を行つて，5％の場合に着火温度380°C，10％の場合に370°Cを得ている。

以上略述した（イ），（ロ）の実験方法は，SCTEHKINの分類によると，前者は"constant-temperature"methodであり，後者は"rising tempe rature"methodに属する。（イ）及び（ロ）の実験結果は，これまでに他の着火方法によつて決められた着火温度にくらべてかなり高い着火温度である点は，著者の実験結果と共通している。

§5. 総　括

（I）実験を行なつた，アセトン，ベンゾール蒸溜ガソリン等の着火温度は，従来の文献に於て知られている値よりは遙かに高い温度1100～1200°C(二硫化炭素は例外で700°C以下)であつた。混合気体の種類による着火温度の相異については，この実験では，殆んど著しい相異を認めることはできなかつたが，エーテル，アルコール（特にメチルアルコール）が予期以上に高い温度であつた。

（II）加熱金属の種類による着火温度の相異は殆んど認められなかつた。触媒作用の顕著であるといわれているもの程(Pt>Ni>Ni-Cr)Θ－τ曲線（exponential型）の立上りがゆるやかであることが認められた。

（III）使用した加熱金属線の直径（1mm以下の種々の直径）の範囲では，光高温計による加熱金属線の表面温度測定誤差（max.±50°C）のため，加熱表面々積の大小による着火温度の正確な相異はわからなかつた。しかしNi-Cr線を熱源とした場合には，加熱表面々積の大きい方が，着火温度が低いという結果をえ，Pt線の場合には必ずしもそうでなかつた。

（IV）一定の混合気体に於て，その濃度の相異による着火温度の相異については，理論上完全燃焼する濃度の近くで，最低の着火温度を示すことが，アセトン，二硫化炭素の場合に認められた。

着火温度も，他の物理的，化学的量のように，一義的な定義ができるとよいのであるが，これが無理の場合には，着火現象を着火温度で表わさないで，着火エネルギーで表わすことは，普遍性があり，既に行われていることであるから著者もこの点について将来考察したい。又今までに記述した所は，実験の結果をそのまゝこれまでの文献の結果と比較検討しながら，直観的にまとめたものであるが，他の機会に，この実験値を更に解析的に検討したいと思う。終りにこの実験を遂行するにあたり，当研究所の小林所長，研野課長初め多数の方々の御鞭達御忠告御援助をかたじけなくしたことを，又種々有益なideaと討論をたまわつた金原壽郎先生初め燃焼研究会の方々に，特に実験資料の点で，多大の御援助，御協力を戴いた永瀬技官並びに本出英三郎先生に深く感謝申上げます。なお本研究費の一部は火災学会研究援助金に負うていることを附記して，些かながら感謝の意を表わす次第です。

参考文献

（1）熊谷清一郎：機械の研究，4（1952），489—491
（2）JOST. W.：Explos ion-und Verbrennungsvorgänge in Gasen, Berlin, 1939.
（3）COWARD, H. F. and GUEST, P. G.：J. Amer. Chem. Soc. 49（1927），,2479.
（4）O. C. DE C. ELLIS and W. A. KIRKBY：Flame, London, 1932.
（5）N. F. P. A.：National Fire Codes, Vol. I, 464-512, 1945.
（6）N. P. SETCHKIN：J. R. Nat. Bur. Stands., Vol. 53, No.1（1954），53-65
（7）亀山直人編：実用化学便覧，上巻，760（昭23年，化学工業協会発行）
（8）Technical Instruction For Optical Pyrometers. Type "OP-I"（Y. E. W. Co. Ltd.）
（9），（10），（11）同上。
（12）（6）と同じ，P. 49
（13）（1）と同じ，P. 439.
（14）（6）と同じ，P. 49—51.
（15）（1）と同じ，P. 490。
（16）永瀬章，秋田一雄：未発表（消防研究所内，研究会講演発表，1948）
（17）熊野陽平，守屋忠雄：国家消防庁，消防研究所昭和24年業績報告，1949）

（昭和29年11月16日受理）

消防用短波無線電話機實驗報告

中内俊作・渡辺彰夫

Field Test of a Short Wave Transmitter and Receiver

By

S. NAKAUCHI and A. WATANABE

Members of the Institute

(*Received March* 2, 1955)

In this report, we describe the results of the field tests of short wave transmitters and receivers which are designed for fire protection uses. The points to be noted are as follows.

(1) The instruments tested were short wave transmitters and receivers combined, whose output power were 3W and operated at 2.120 MC. Their block-diagram is shown in Fig. 1.

(2) One of the instruments was used at a fixed station and the other at a mobile station.

(3) An inverted L antenna of 20 m in length was used at the fixed station and a whip antenna 2 m long was used at the mobile station.

(4) The ranges of a set of those instruments were measured at 40 different places in Japan and the mean value of 8 km was obtained.

(5) In order to reduce interference, efforts were made to obtain high selectivity. For that purpose, an intermediate frequency of 175 kc was used and 60 db attenuation at 10 kc detuning was obtained. The three curves in Fig. 3 show selectivities of the intermediate frequency stages: Curve (1) shows the selectivity of the first trial set with 455 KC intermediate frequency, and cruve (2) that of the second set with the same frequency, cruve (3) that of the final set with 175 kc intermediate frequency set.

(6) Therefrom, we came to the conclusion that a short wave mobile instruments can be used for fire protection purposes, equally as F M instruments of very high frequencies except in cases when noise is very iutense.

1．緒　　言

本報告は，消防研究所に於て昭和29年4月より，同年10月にいたる間，電波盤理局により認可せられた実験局「こくしよういちごう」及び「こくしようにごう」り依り消防用短波無線電話機に関する各種の実験を行つた結果の報告である。

2．実験經過の概要

2．1 第1次実験

消防研究所に於て車載用空中線の型式決定の為，各種型式のものに対して輻射電界強度を測定した。

2．2 第2次実験

消防研究所を中心とする地域に於て車載局及び基地局の輻射電界強度を測定し本機材の公称通達距離を判定した。

2．3 第3次実験

「国消1号」及び「国消2号」の実験地域を全国に拡大することを申請許可を受け，北は北海道より南は九州まで全国約40箇所に於て通話試験を行つた。本実験に於て，目的としたところは次の項目である。

（1）2次実験に於て判定した公称通達距離の適否に関する調査

（2）本器機の割当周波数附近に於ける外来雑音強度の調査

（3）混信の調査

（4）本器機がラジオ受信機にあたえる影響の調査

2．4 第4次実験

第3次実験の結果混信妨害に対する対策の必要を生じ，本器機受信機部の選択度向上及び妨害信号除去フイルターに関する研究を実施し，一応の成果を得た。

3．実験に使用せる機械の概要

実験に使用せる車載局及び基地局の機材の概要は第1表及び第1図の通りである。

第1表 実験機材の概要

	車　載　局	基　地　局
呼出名称	こくしようにごう	こくしよういちごう
周波数	2120 kc	2120 kc
電波型式	A_3	A_3
公称出力	3W	3W
送信方式	水晶制御電力増巾	左に同じ
受信方式	水晶制御スーパーヘテロダイン	左に同じ
電　源	DC 6V 約12A	AC 100V 約80VA
空中線	2m ホイツプアンテナ	逆L型 (l=12m,h=8m)
使用真空管又び系統図	第一図の通り	左に同じ

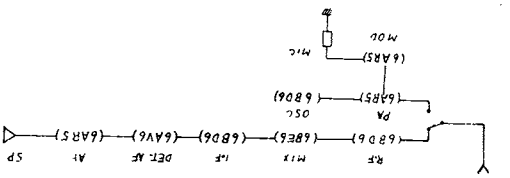


Fig. 1　使用真空管及び系統図

4．車載用空中線に關する検討

本装置の如く2 Mc程度の周波数で車載局に小型空中線を使用する場合は空中線の輻射能率が極めて悪く，これを改善する事が車載局としての実験の第一歩である。

4．1 実験目的

車載用短波無線機の空中線の型式を決定する為の資料を得ること。

4．2 実験方法

消防車に別項の3種の空中線を使用した「国消2号」無線機を搭載し，一定短距離の地点で電界強度測定器に依り輻射電界を測定し，3種の空中線の輻射能率を比較し，併せて指向性の有無及び接地方法の適否を検討した。第2図参照。

4．3 実験結果

実験結果は第2表の通りでその記載区分は次の通りである。

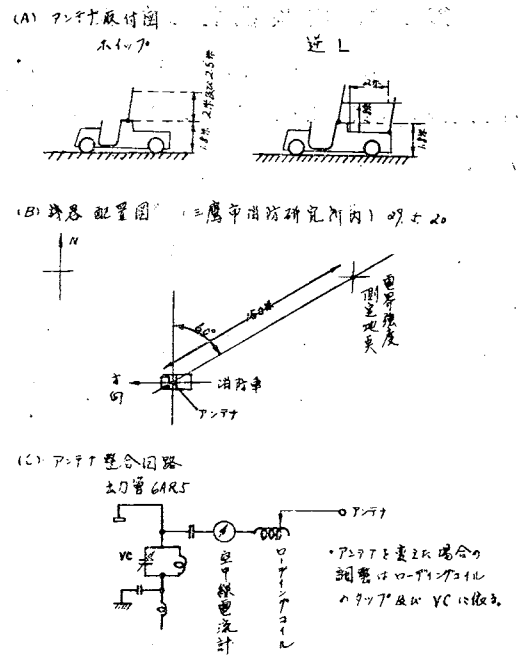


Fig. 2 車載空中線実験図

第 2 表 車載空中線実験結果

(A) 2mホイップ

Case	接地方法	アンテナ電流	電界強度
1	A	160 mA	71 db/m
2	B	170 〃	72 〃
3	C	160 〃	69 〃
4	D	170 〃	72 〃

(B) 2.5mホイップ

Case	接地方法	アンテナ電流	電界強度
1	A	155 mA	73.0 db/m
2	B	165 〃	74.5 〃
3	C	160 〃	74.5 〃
4	D	165 〃	74.0 〃

(C) 逆 L 型

Case	接地方法	アンテナ電流	電界強度
1	A	152 mA	76.0 db/m
2	B	175 〃	77.5 〃
3	C	174 〃	77.0 〃
4	B	175 〃	76.5 〃
5	B	175 〃	76.0 〃

記載区分

○使用空中線　A. 全長2mホイップ
　　B. 全長2.5mホイップ
　　C. 逆L型 $l=2$m
　　$h=1.8$m

○接地方法　A. 接地せず
　　B. 車体に接地
　　C. 車体の上に全長3mのビニール線に依るカウンターポイスを伸長する。

○指向性

Case 1. Case 2. Case 3. は消防車の方向第2図に示す通り，Case 4. は時計方向に 90° Case 5. は同方向に80° 回転せる場合を示す。

4. 4 実験結果に対する考察

輻射電界の強度は問題なく空中線が大形に成る程強くなる。

空中線電流を測定したのは空中線を変えた場合に整合操作を行つて最良状態にする為である。此の操作は整合操作というよりもむしろ空中線回路の同調をとつて居るにすぎないと考えた方が良い。小形の空中線に対しては厳密な意味で整合をとる事は困難である。勿論完全な整合をとり且つアンテナ導線の抵抗，接地抵抗，結合コイルの抵抗等損失となるものをすべて減少すれば空中線電流は第2表の値よりはるかに増加し得るものである。

指向性はホイップアンテナに対しては殆んど認められず．小形の逆Lアンテナの場合には多少認められるが問題に成らぬ程度である。

接地方法にはかなり問題があり使用するアンテナの形式によつては，相当の差を生ずる。何れの場合にも良好なことはセットの接地を完全に自動車の車体にとる方法である。

以上実験せる3種のアンテナの内2mホイップと，2.5mホイップは大差無く，小形ではありながら逆L型の場合には電界強度が2倍近く増

加している。此の点から判断すると小形の逆Lを採用したいわけであるが，消防自動車の型式が極めて多種多様である点と，本来の使命であるポンプ，ホース捲枠等の操作にあたえる影響を考慮して一般的には2mホイップを採用する方が無難であると考えられる。従つて小形の逆Lを使用する事が可能であれば輻射電界強度を約2倍にすることが出来ると云うデーターを得たにとゞめて置き，今後の実験は専ら全長2mのホイップアンテナを採用することにした。

5．輻射電界強度の測定及び通達距離の判定

本器機の動作周波数は2 Mc附近である。この附近の周波数に於ては外来の人工雑音が相当多いので通達距離を判定する場合には，受信空中線の実効高は一応問題にせず，受信地点に於ける電界強度と，それを得るに必要な送信側の輻射電力についてのみ考察する。

5. 1 受信地点で必要とする電界強度

数次にわたる通信試験の結果，特に外来雑音の甚しい場合以外は10μV/m（20db/m）以上の電界強度があれば通話に支障のない事が確認された。これは又混信を考慮に入れた場合に1947年のAtlantic City Radio Regulationで勧告された値でもある。

5. 2 送信側の輻射電力

国消F－1型及びM－1型は何れも送信機の公称出力は3W程度のものであるが実際の輻射電力は空中線の輻射能率に依り著しく異るものである。

大型の空中線を使用すれば輻射能率も向上し，送信機出力と略々等しい電力を輻射することが可能であるが一方機械的強度，保安設備等も充分にする必要を生じ経済的な負担が大きく成る。又かゝる空中線は車載局M－1型では全然使用不可能であり，基地局F－1型に於ても電波申請にあたつての陸上可搬局と云う性格に合致しなくなる。又輻射能率を高めてある限度以上に輻射電力を増加する事は，国消の通信計画の如く比較的近距離に多数の無線局を配置して同一周波数に依る全国通信網を形成する場合には長距離の局の混信問題を招く結果となり極めて不都合である。

以上のような見地から国消F－1型に於ては原則として水平部12m垂直部8mの逆L型空中線を使用し，輻射能率を低減せしめる事に依り通達距離を制限している。M－1型は車載局であるから全長2m程度のホイップアンテナを使用して居り，此の点では問題なく，むしろ輻射能率の向上がのぞましい位である。これらの空中線について輻射される電力を求めると

（イ）F－1型（基地局）

空中線（水平部12m，垂直部8m逆L型）の2Mcに於ける

輻射抵抗は約　5Ω（計算値）

空中線電流　0.3A（実測値）

∴輻射電力は約0.5W

（ロ）M－1型（車載局）

空中線（全間2mホイップ）の2Mcに於ける輻射抵抗は約0.3Ω（計算値）

空中線電流　0.17 A（実測値）

∴輻射電力は約10mW

以上のような送信状況に於ける輻射電界強度の実測値は第3図に示す通りである。

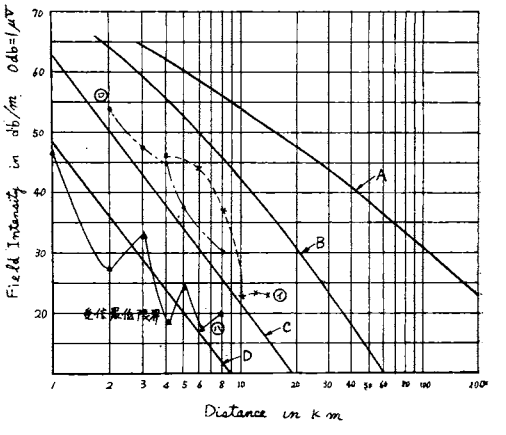


Fig. 3　距離対電界強度

A	理論値	0.5w	海水	ε=80	σ=5℧/m
B	〃	〃	濕地	ε=15	σ=10⁻²℧/m
C	〃	〃	乾地	ε=5	σ=10⁻³℧/m
D	〃	50mw	〃	〃	〃
㋑	実測値	×	F－1型	消研→大森	
㋺	〃	●	F－1型	消研→府中	
㋩	〃	▲	M－1型	消研→武蔵関	

5. 3 電界強度の実測値

第3図の（イ）及び（ロ）はF＝1型を三鷹市消防研究所内に設置し，前項に記した送信状態にして各距離に於ける電界強度を測定したものである。（イ）は測定地点を送信地点から大森方向に移動した場合であつて，逆L型空中線の引込線の方向にあたる。（ロ）は測定地点を府中方向に移動した場合であつて，前の方向と直角方向である。（ハ）は電界強度測定器を三鷹市消防研究所内に置きM－1型を車載して武蔵関方向に移動した場合である。

何れの曲線も不規則に波打つて居り，M－1型に依る（ハ）の曲線は特に著しいこれはM－1型が2m程度のホイップ空中線を使用して居る為，特に送信地点周囲の建造物の影響を受けたものと考えられる。このことは実際移動しながら交信して居ると極めて良く判る。これらの曲線と対比する為に電界強度の理論値をえがいて見たのがA. B. C. Dの曲線である。

Aは輻射電力0.5W海上の場合，Bは輻射電力0.5W湿地の場合，Cは輻射電力0.5W乾地の場合，Dは輻射圧力50mW乾地の場合の理論値である。乾地と考へた場合の理論値が比較的実測値に近い結果と成つて居るがこれは相当悪条件下に於ける理論値である。

5. 4 通達距離の判定

受信地点の電界を20db/mまでとして第3図から判定するとF－1型に於ては12km，M－1型に於ては5kmが厳密な意味て公称通達距離として考えられる。又実測値がかなりの悪条件（市街地）に於ける値である事を考慮に入れると，F－1に於て15km，M－1型に於て8kmは通常の場合通達可能であると考えられる。この事は，これから後数次にわたる通話試験で立証されて居る。

6．通話試験に於ける諸問題

第一章実験経過の概要第3次実験の項目に記した目的を以て全国的40ケ所に於て通話試験を実施した結果は次の如くである。

6. 1 通達距離

送信機輻射電界強度から推定した通り，ほとんどすべての場合に「国消1号」対「国消2号」で少くとも5kmでは良好な状態で通話可能であつた。

都市の郊外及び田園地帯等状況の良い所では8km～12kmに於て良好に通話出来る事が確認された。又「国消1号」代び「国消2号」の受信部と同等の受信機を併用し，これに規定の標準逆L型空中線又は2mホイップ空中線を使用して遠距離で受信を行うことに依り「国消1号」（基地局）相互間及び「国消2号」（車載局）相互間の通達距離も推定する事が出来た。その結果として基地局相互間は8～15km，車載局相互間は4～6kmの距離で良好に通話出来ると判断された。但し東京都の中心地丸の内附近のビル街では移動相互の通信可能距離が約1km位になつたこともあつた。実用通話に於て公称通達距離よりも通達距離が短縮される原因の大部分は次項に述べる外来雑音である。この為に極めて不満足な結果を得た例が2～3回経験されている。

6. 2 外来雑音の強度

前にも述べたように本器機の動作周波数附近に於ける外来雑音の強度は無視出来ぬ事が多く，そのために通達距離に制限を受ける結果となる。今回の実験に際しては各地に於ける外来雑音の強度を通達距離と関連して常に重視して来た。

具体的には通話に支障がある程度の外来雑音のある場合には電界強度測定器で雑音電界強度を測定し，通話に支障のない程度の場合には受信機の雑音出力から推定するという方法をとつた。結果的には少数の例外を除きほとんど実験地点での雑音電界は程度の差こそあれ10db/m以下と推定されている。

市街地に於ては明かに雑音強度の増加が認められ実測して10db/m～20db/mとなる。20db/m雑音強度に於ては当然微少信号の受信に際して困難を感ずるにいたつて来る。一例をあげると東京都内上野毛附近では20db/m雑音電界強度を示して居た。特に極端な例として三鷹市

消防研究所内を通る送電線（黒部幹線）附近では，時々猛烈な外来雑音が感じられ実測すると40db/m 程度であつた。かかる状態では「国消1号」対「国消2号」で約2km の距離に於ける交信が限界であつた。又車載局「国消2号」について自動車及びポンプのエンヂン雑音の影音を調査したが，特に整備の悪いエンヂンに於てのみ妨害を受けた少数の例が認められた。此の問題については実用局を設置し運用を開始し実際に妨害事故が発生してから点火栓系統のフィルターその他の対策を立てればよいと考えられる。現在までのところ対策に関する実験をする程の明瞭な妨害の実例は無い。実験中近くの螢光灯，ネオンランプ，モーター等に依る雑音妨害はかなり経験したが，多くの場合は空中線の張り方を変えたり，雑音源に対して簡単な防止策を施す等の手段に依り妨害を軽減して通話を行うことが出来た。以上要するに外来雑音の影音が無視しがたい場合があり得るので，この対策は一応考えて置く必要があると考えられる。根本的には雑音源を発見して処置する事が必要である。

6. 3 混信に関する問題

混信として考えられるのは近接周波数に依る混信と影像周波数を含むスプリアス周波数に依る混信である。今両者を分離して考える事とする。

（イ）近接周波数に依る混信

本器の動作周波は2120kcであるから，±20kc程度の範囲内にある他局の電波に依る混信に関して検討を行つた。先ず第1には海上保安庁の海岸局及び船舶局として2130kc（A3）に多数の局があり，しかも相等ひんぱんに使用されて居る為，これの妨害が一番問題であると予想されたが，実験の結果やはり相当の妨害を受ける事が判明した。妨害される範囲は略々全国にわたり，海岸に近い所ではしばしば強度の妨害を受けた。次に問題と成るのは，国鉄の緊急通信回線の2125kc（A1）である。これは地上局として各地に点在し（19局）電力は50Wである。周波数が近いので前の2130kcより妨害の程度は甚しいと予想されたが，実験に於ては妨害された経験は一度しかなかつた。これはこれらの局に於て電波を発射する機会が非常に少い為であると考えられるから実際の場合には当然対策を必要とするものである。これらの近接周波数混信に対する対策はその後研究の結果後に記すように解決されて居る。

（ロ）スプリアス周波数に依る混信

実験に先立つて予想されたのは影像周波数の混信程度であつたが実験の結果，色々複雑な関係にある周波数の妨害がある事が判明し，此の点非常に参考になつた。先ず第1に明かに影像周波数に依る混信と考えられる妨害は遂に実験期間中一度も経験しなかつた。供試器の影像比は50 db 程度である。その他の妨害はことごとくラジオ放送局に依るものであつて妨害としてはかなり強度のものである。

即ちラジオ放送局で放送周波数の第2高調波又は第3高調波が本器機の搬送波2120kc又は影影像周波数3030kc に接近した場合に相当強度の妨害をあたえる事が経験された。実験に於ては特に第2高調波に影響された実例が多い，例えばラジオ香川（高松）の如きは，1060kcであるから，その第2高周波は2120kcであつて，どうにもさけられない妨害を受けた。

ラジオ香川以外にも此の周波数の放送局は存在するから，その地域に於ては2120kcの本器機は使用出来ない。放送局側の第2高調波を制限する法的規準が5 km はなれて50db/m 以下の電界強度である以上此の妨害はさけがたく致命的である。その他の例としては富山第1（1000kc）の第3高調波と富山第2（1510kc）の第2高調波が3030kcに近いため，放送局附近では妨害を受けた。此の妨害は近接周波数に対する混信対策と影像比の向上に依つて解決する事が可能である。結局スプリアス周波数混信で最もおそろしいのは本器機の動作周波数をfとしてf/2±5kc，f/3±3kcにあるラジオ放送局の妨害である。

6. 4 本器機がラジオ受信機にあたえる影響

実用状態に於て本器機が附近のラヂオ受信機にあたえる影響は相当大きな問題であり，実験

にあたつても注意をはらつて調査したが，結果的には大して心配する程ではなかつた。本器機から発射する電波に対して一番妨害を受け易いのは所謂並3，並4級のラジオ受信機であり数十m程度の至近距離に於ては多かれ少なかれ妨害を受ける事が判つた。

妨害を受け難いのは高周波増巾付ラジオ受信機であつて，これについては妨害を経験しなかつた。最も問題になるのは，スーパー～ヲロダイン受信機で影像周波数が2120kcに一致する受信周波1210kc附近では当然相当の遠距離まで妨害を受ける。従つて1210kc附近の放送局が所在し，ラジオ受信機の多くが，これを対象として居る地域に於ては徳義的に何等かの処置がのぞましいが選択度影像比とも必ずしも良好で無いラジオ受信機を対象としては仲々困難である。

7．混信に關する對策

前章に記したように近接周波数に依る混信及スプリアス周波数に於ける混信は，本器機に於てはかなり著しく設置箇所に依つては実用通信に困難を感ずる事が予想される為，これに対する対策研究に着手した。

元来実験に使用した「国消1号」及び「国消2号」の綜合選択度は第4図（1）に示す通りであつて必ずしも良好なものではない。これは考え方としてなるべく構成が簡単で価格も安い器機を使用して普及性をねらつたためである。しかし，事実混信事故があつて選択度の向上が要求される以上何等かの対策が必要である。本器は中間周波数455kc中間周波数一段であるから第4図（1）の特性は普通の中間周波トランスを使用した場合には限界であると考えられる。従つて中間周波一段で所要の選択度（±10kc離調で減衰60db程度）を得る為には同調回路を組合せた特殊フイルター回路を使用せざるを得ず，これに依る周調インピーダンスの低下従つて増巾度の低下は高gm管の使用に依つて補償する事として実験を進めた。

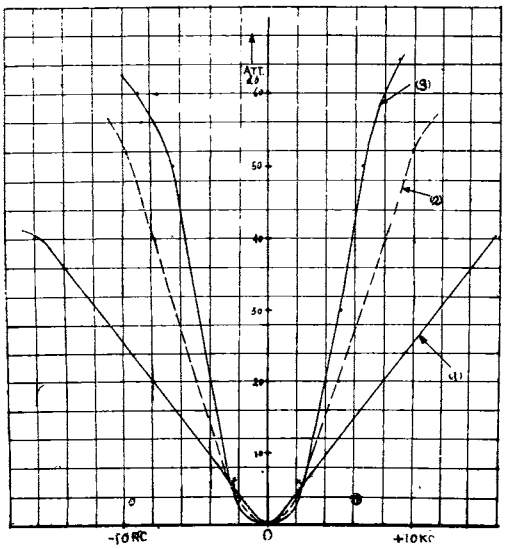


Fig. 4 Selectivity of intrmediate frequency stage.

先ず第1に選択度向上の容易な中間周波数175kcで実験した結果第4図（3）に示す特性を得た。此の場合当然影像比の低下が考えられるので高周波増巾管陽極回路を1次2次とも同調をとる事に依り影像比70dbを得る事が出来た。

次に中間周波数455kcで同様なフイルターを試作し，第4図（2）に示す特性を得ている。以上改良を施した受信機を通話試験に使用した結果2130kcに対する混信は通常の場合完全に除去する事が出来た。相当強力な2125kcに対してはこれでもまだ不充分であつて次に記すような対策を必要とする。元来本器機はA3電波であり2125kcの国鉄の局は手送りのA1局であるから混信に依る妨害は特に強力な妨害電波の場合以外は5kcのビートとして断続されるわけである。従つて本機の受信機低周波部にlow pass filterを挿入し，5kcのビートを除去することに依り此の種の妨害は除去する事ができる。しかし特に妨害電波の強度が強い場合は，これに依り混変調を起し，5kcのビートを除去してもキーイングに依つて受信機出力が変動して妨害を受ける。此の現象を起す妨害波レベルは現在の受信機に対して実測した。2120kcの信号を1000c/s 30%変調で受信機に接続し，更に2125kcの無変調信号を加えてそれをキーイングした場合に受信機出力（5kcのビートは除去してある）1000c/sがキーイングに依り1db変動するものを許容限度とすれば，2120kcと2125kcの

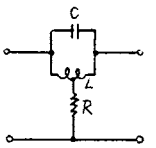
レベルの関係は次の通りである。

目的波 2120kc	妨害波 2125kc
20 db	23 db
40	51
60	68
80	86

従つて妨害波の受信機入力に於けるレベルが（目的波のレベル＋10db）と同等又はそれ以下であれば良いことゝ成る。混変調を起すレベルが意外に低いのは受信機にAVCが付いて居るからであつて，これを改善する為にはAVC回路の除去又はその時定数の変更等何等かの処置が考えられ，今後これらの方法により更に妨害を軽減する事が可能であろう。

現在の所，上に記したように目的波と同等のレベルまでは妨害波レベルを減少させる必要があるから，特に強力な妨害に対しては，これを減少させるフイルターを受信機入力側に接続する必要がある。

此のフイルターは2120kcを通過させ5kcしかはなれていない，2125kcを除去するのであるから極めて鋭いものが必要である。実験の結果第5図の構成のもので図に示すような特性を得る事が出来て一応目的を達し得る事が判つた。唯一寸問題となるのは此のフイルターはあまりにもsharpである為，回路を構成する素子の安定性が問題になり，実用上はL又はCを微少な範囲可変にして置いて妨害を除去する操作の必要が生じ得ると云う事である。



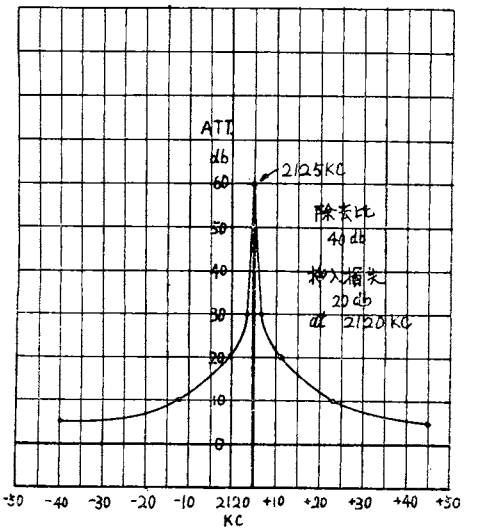


Fig. 5 除去フイルター

8．通信計画に關する問題

8. 1 通達距離に依る局の配置

単一周波数に依る全国通信網形成の必要上，出来る限り輻射電力を制限する事は前述の通りである。従つて基地局は最大10km程度の距離で交信する事を原則として，それ以上は，中間の局に依る中継方式をとる事がのぞましい。

8. 2 混信防止の為の機器の使用区分

単一周波数に依り全国に通信網を持つことは必ず割合近い所に近い周波数の他局と相対する事に成り，相当の困難はまぬがれないが，技術的にできる限り処置をして計画を実現する必要がある。

先づ第1にA3 2130kcその他A3の局に対しては，目的波と妨害波の電界強度差に本機の選択度により決定される除去比を加算し，所謂protection ratioが26db以上に成るように処置する必要があるが，此の点については前章に述べた混信対策を適用する事に依りよほど特殊な場合以外は解決出来る。即ち目的波の電界強度を最低20db/mとした場合2130kcについては電界強度54db/m程度までは，全然問題ない，それ以上の妨害波の強度の場合は受信機入力側に第4図のフイルターを挿入すればよい。

次にA. 2125kcに対しては目的波の最低電界強度20db/mとすれば前章の結果に依り30db/m程度の妨害波電界強度までは問題無くそれ以上の妨害波に対しては第4図のフイルターを使用するものとする。

此の件については，前述の如く受信機のAVCに関連した問題を検討する事に依り更に改善し得る見込である。

更に影像周波数に依る混信については充分影

像比を向上すると同時にラジオ放送局の高調波が影像周波数と成つた場合に対しては，中間周波数として175kcと455kcを使い分けて解決する必要がある。

結局如何ともしがたいのは近接周波数混信に於て特に妨害波の強度が強い場合（妨害局が極端に近い場合）及びラジオ放送局の周波数が1060kcである地域に於けるラジオ放送局の第2高調波に依る妨害である。此の問題に関しては目下の所全然処置無しといつた状態であり，電波監理当局の理解ある処置を要請するものである。

9．結　び

以上は国消本部より電波監理局に提出された報告と殆んど同文のものであるが，その後電波監理局の理解ある処置を賜り，消防用の波長として，新たに1755kcの割当を得ることが出来たことを，消防通信発展のため喜びながら，つけ加えておく。

本報告が，消防界に迅速，確実，簡便，且つ安価な通信手段を与えるための努力に多少ともプラスになることを念願しつゝ筆をおく。

（昭和30年3月2日受理）

消防研究所報告 第5巻 總目次

がらすのくもり防止法について（英文）……小 林 辰 男……（1）

アーク感知器の試作（第2報）……中内俊作・渡辺彰夫……（7）

微小な固体熱源による可燃性液体蒸気の
着火性について（第1報）……新 居 六 郎……（19）

消防用短波無線電話機実験報告……中内俊作・渡辺彰夫……（36）

GENERAL INDEX OF VOLUME 5

MEMOIRS

On Prevention of Fogging of Glass Surface
by Condensation of Water Vapour……T. KOBAYASHI……（1）

Photoelectric Detector of Electric Arc（2）
……S. NAKAUCHI and A. WATANABE……（7）

Ignition of Combustible Liquids by Heat Sources
of Solids of Small Sizes（1）……R. NII……（19）

Field Test of a Short Wave Transmitter
and Receiver……S. NAKAUCHI and A. WATANABE……（36）

消防研究所報告　第5巻 第2號

昭和30年3月22日印刷
昭和30年3月26日発行

【通巻14号】

編輯者兼発行者　消防研究所

発行所　国家消防本部消防研究所
三鷹市新川700

印刷所　株式会社温故堂
甲府市二十人町43—45番地