REPORT OF FIRE RESEARCH INSTITUTE OF JAPAN

Vol. 6 No. 2 December 1955

消防研究所報告

第 6 巻 第 2 号 1955年12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2報）……新 居 六 郎……(1)

消防用短波無線電話機の実用状況……中内俊作・渡辺彰夫……(14)

消 防 研 究 所

東 京 都 三 鷹 市

REPORT OF FIRE RESEARCH INSTITUTE OF JAPAN

Vol. 6, No. 2 December 1955

Contents

MEMOIRS

Ignition of Combustible Liquids by Heat Sources of Solids of Small Sizes (2) ..... R.NII ..... (1)

A State of Commercial Transmission by AM High Freqnency Sets in Fire Uses ..... S.NAKAUCHI AND A.WATANABE ..... (14)

Published by

Fire Research Institute of Japan

700 Shinkawa, Mitaka-shi, Tokyo, Japan.

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2報）

新 居 六 郎

Igniton of Combustible Liquids by Heat Sources of Solids of Small Sizes. (2)

By

R. NII

Member of the Institute

(*Received November* 4, 1955)

The author already reported in the lst Report about the results of experiment on the ignition of combustible liquids by heated wires of small sizes. Thenceforth the experiment was carried out continuously in order to answer to a few questions :

whether it is ignited by dropping a burning cigaret into a mixture, of vapor of such a combustible liquid as carbon disulphide or gasoline or ether and so on, and air, or not ; if ignited, how many frequencies of ignition about a concentration of the combustible mixture there are ; and at what range of concentrations of the mixture it is ignited.

The results of experiment in this report give us a few answer as follows :

(I) There is no possibility of ignition by a burning cigaret on combustible liquids of more than 220°C at Self-Ignition Temerature (S. I. T.), which contain benzene, acetone, 65—87 octane gasoline and distilled gasoline (B. P. =50—100°C).

(II) There are sufficiently within the range of possibilities of ignition by a burning cigaret about ether and carbon disulphide. Especially there is a danger of the carbon disulphide being ignited and exploded instantaneously by it.

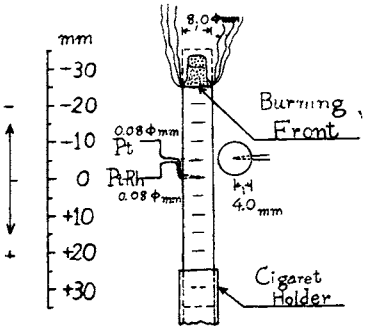
(III) It is a most dangrous case when a lump of burning part of a cigaret, which seperated from the non-burning part of the cigaret, drops into such a combustible mixture of less than 180°C at S.I.T. as ether or carbon disulphide.

1. 緒　言

固体熱源として赤熱金属線を用いた場合の実験結果は，第1報[1]に既報のとおりであるが，本報告では，固体熱源としてたばこの火を用いた場合である。すなわち，たばこの火をエーテル，ガソリン，二硫化炭素等の数種の可燃性液体蒸気と空気との混合気体中に落下させることによつて着火するやいなや，もし着火するとすれば，その着火頻度は一定の混合気体の一定濃度につきどの位か，着火する濃度範囲はどれ位であるか等について実験を行つてきた。この実験結果によつて，従来とかくいわれてきたたばこの火によつてガソリンに着火するかという疑問にある程度明確な回答がえられ，かつガソリン以外の可燃性液体に対しても，たばこの火による着火の可能性について二三の知識がえられたと確信するのでこゝに報告する。またこれまでによく知られている可燃性混合気体の着火に関する二三の理論を引用して，第1報，第2報を通じての実験結果に対する理論的検討を行なつた。

2. たばこの燃焼性についての追加実験

ふつうありふれた条件におけるたばこの燃焼性については既報[2]のもので一応よいと思つたが，自然くん焼時において，たばこが垂直に固定されて下向きに燃焼している場合については，本実験の遂行上あらかじめしらべておく必要を感じたので，平均最高燃焼温度，平均燃焼速度等について既報の結果に追加する意味でピースのみについて実験を行なつた。実験に使用した熱電対，計器類等は既報[3]のものと全く同じで，**Fig. 1** に示すように測定した。すなわち熱電対の挿入位置より燃焼フロントまでの距離を横軸に，そのときの熱電対の示す温度すなわち燃焼温度の縦軸にとつて示すと **Fig. 2** のよ



SIDE VIEW

Fig. 1 Shows a cigaret (PEACE), fixed vertically and burning downwards, marked by a pencil at 5 mm intervals and inserted a Pt, Pt-Rh Thermocouple into the center of the cigaret.

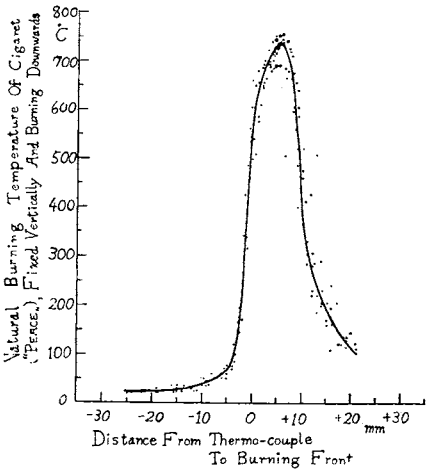


Fig. 2

Table 1, The Average Max. Burning Temp. in °C and Average Burning Velocity in mm/min of a Japanese cigaret (PEACE) on three conditions of natural burning; fixed horizontally or vertically and burning upwards or vertically and burning downwards.

Three Condition	Average Max. Burning Temp. in °C or Average Burning Velocity in mm/min		Remark
Fixed horizontally	Average Max. Burning Temp. (Min. ～ Max.)	724 (715～750)	already showed in Table 1
	Average Burning Velocity (Min. ～ Max.)	4.3 (3.8～4.7)	

Fixed vertically and burning upwards	Average Max. Burning Temp. (Min. ～ Max.)	744 (670～810)	in Vol. 5, No. 2 (1955), 6.
	Average Burning Velocity (Min. ～ Max.)	4.4 (3.9～4.7)	
Fixed vertically and burning downwards	Average Max. Burning Temp. (Min. ～ Max.)	736 (690～755)	Supplemented in this report
	Average Burning Velocity (Min. ～ Max.)	4.1 (3.7～4.5)	

うになる。供試ピースは8本であつた。水平に固定し場合にくらべて全体的に温度が高くなつており，又垂直に固定されて下向きに燃焼している場合にくらべて上昇曲線の立上り点が2 mm 位右にずれており，一定温度になつている部分の長さがその約1.3倍にもなつている。平均最高燃焼温度（最低一最高），平均燃焼速度（最小一最大）を **Table. 1** に示す。平均最高燃焼温度については，水平に固定した場合よりも高いが，垂直に固定され上向きに燃焼している場合よりも低くなつている。平均燃焼速度については，水平に固定した場合，垂直に固定して上向きに燃焼している場合のいづれよりもおそいことがわかる。

3. たばこの火による着火実験装置

3.1 第1報で既報の装置との相異點

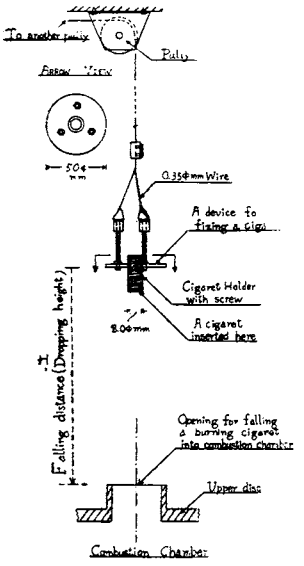


Fig. 3

装置の主要な部分は，ほとんど第1報[4]のものと同じであるが，熱源としてたばこの火を用いるため，熱源を固定する部分は **Fig. 3**のように改造し，蒸発皿は **Fig. 4** に示したものを用い，これを適当に高さの調節できる支持台の上にのせて蒸発皿の中にたばこの灰等が入らぬようにし又時々清淨のため取り出すのに便利にした。熱源の投入口は第1報のようにセロファン紙で封じないで，一定濃度の混合気体になるまで投入口をゴム栓でふたをしておいて，たばこを落下する直前にゴム栓をとつた点等が異なつていた。

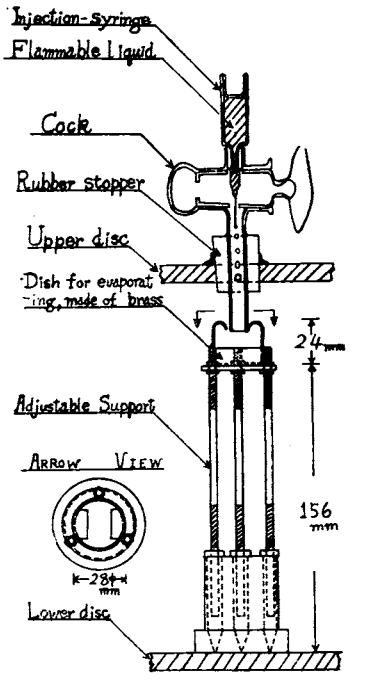
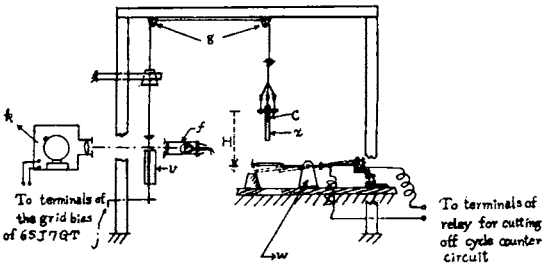


Fig. 4

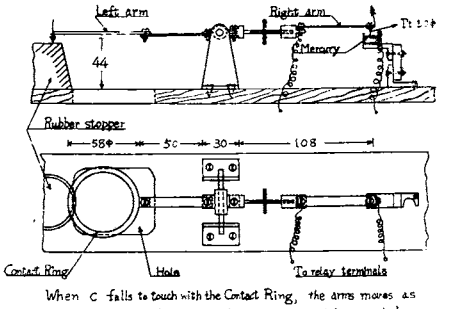
3.2 たばこの落下速度の測定

たばこの火が落下する距離の相異ですなわちたばこの火の運動状態の相異で着火に関し何らかの影響を及ぼさないかをしらべる目的で，たばこの落下速度を測定しておく必要を感じ着火実験の前にあらかじめ燃焼してないたばこ x を用い，これを C にとりつけ次の方法で落下試験を行つた。(**Fig. 5** 参照) j を引き抜いて C を落下させると，しやへい板 v が上昇して直ちに光束をしや断し，サイクルカウンターが作動し更に落下点のリング状のもの（**Fig. 6** 参照）にあたると，w にある水銀と白金との接点がはなれ，サイクルカウンターの作動は止る。サイクルカウンターの動いたよみから C のしたがつて



Explanation of letters in **Fig. 5**

C : A device for fixing a cigaret, f : Light projector, g : Pullies, H : Falling distance (Dropping height), j : Trigger, k : Dark box contained a photo-electric tube, v : Plate for cutting off light beam, w : A balancing device with a Pt-Mercury contact, x : A cigaret.



When C falls to touch with the Contact Ring, the arms moves as the double arrows (↕) and the Pt-Mercury Contact is seperated.

Fig. 6

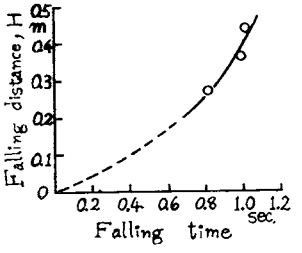


Fig. 7

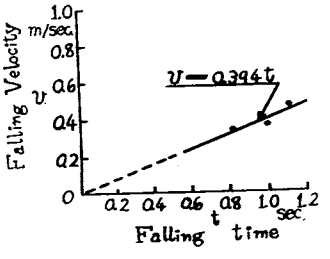


Fig. 8

たばこの一定の落下距離に対する落下時間を測定した。この方法でえられた落下距離Hと落下時間tとの関係を**Fig 7**に示す。これから落下速度vと落下時間tとの関係を求めると**Fig. 8**のとおりになる。この実験でCにとりつけたたばこxの長さによる影響は全く認められなかつた。Cを落下させると同時にサイクルカウンターをはたらかせるようにしないと落下時間に誤差が入つてくるので，しやへい板vの位置をリレーがはたらくぎりぎりの所の光束中におくようにして，できるだけこの誤差を小さくするようにつとめた。

3.3 実験方法等について

たばこの火のような微小な熱源が可燃性液体蒸気と空気との混合気体中に突然とびこんでくるような場合が実際によく起りうる場合であろうと考え，たばこの火を落下させて着火させる方法をとつたのであるが，実際実験を遂行中，未燃部分のあるたばこの火と未燃部分のないたばこの火の小塊（燃焼してないときのたばこの紙の部分の長さ，10mm 燃えたものを未燃部分から切断したもの，灰の部分も勿論含めてその大きさは長さ約6－7mm．直径約6mm位）とを用いる場合，更に未燃部分のあるたばこの

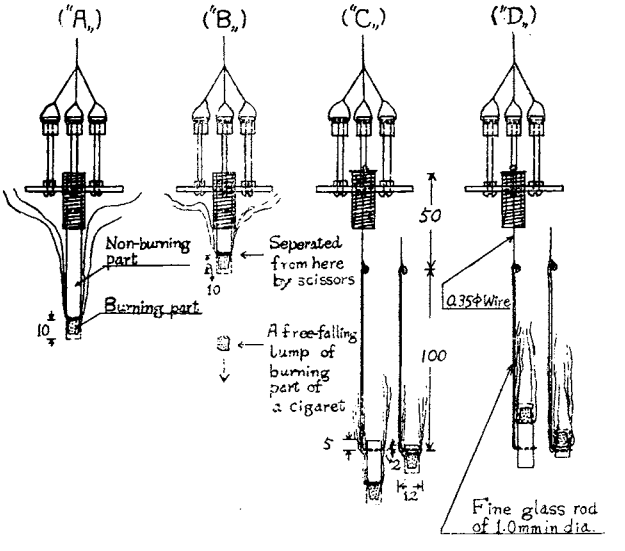


Fig. 9 Four methods on dropping a burning cigaret into the combustion chamber.

火でも，垂直に固定して上に向つて燃焼している場合と下に向つて燃焼している場合等についてしらべる必要が生じ，"A„，"B„，"C„，"D„ の4種の着火方法をとつた（**Fig. 9** 参照）。着火方法"A„ はたばこの一端に点火して，燃焼フロントが10mmだけ上方に進行したとき落下させる方法で，未燃部分の長さ25mm，60mmについて行なつた。着火方法"B„ は長さ35mmのたばこの一端に点火して燃焼フロントが10mmだけ上方に進行したとき，はさみでその燃焼部を切り取り，たばこの火の小塊を自由落下させる方法である。着火方法"C„ 及び"D„ では，着火方法"A„ でたばこを挿入する部分が熱伝導の比較的良い金属のためたばこの火の周囲の上昇気流が冷却される影響を考慮して，たばこの挿入用Cigaret Holderの上方から50mmの針金をおろし，その先に直径約1.0mmの硬質ガラス棒の直線部分の長さ100m，先を尖らして曲げた部分の長さ約12mmのものを連結した。この先を未燃部分の長さ10mm以上の場合には，未燃部分の端から5mmの所え，又未燃部分が5mm以下の場合には，未燃部分の端から2mmの所えつきさし上向き又は下向きに燃焼しているたばこを落下させる方法である。たばこの火を落下させて，可燃性液体の着火おくれを測定する方法等は第1報で詳述したとおりであるので省略する。たばこはこの実験においてはほとんど大部分はピースのみを使用し，デシケーターに入れずに実験に供した。たばこの点火を確実にするため，マッチその他で点火と同時にアスピレーター（吸引圧力：約20～40mmAq.，吸引時間：約2～3sec.）により1回だけ吸引した。

4. 実験結果

4.1 エーテル

4.1.1 着火方法"A„ の場合

実験結果は**Table 2**に示すとおりで，全然着火しなかつた。*

4.1.2 着火方法"B„ の場合

この場合の実験結果は**Table 3**に示すとおりである。落下距離＝0.35mの場合のエーテル空気混合気の濃度と着火頻度との関係を**Fig. 10**に示す。落下点における速度は，自由落下として計算し，落下距離＝0.35m，0.53mに対し，それぞれ約2.7m/sec，約3.1m/secとなる。なおたばこの火の小塊は，落下後平均45sec.後に全く燃えきり完全に灰になる。

* エーテル空気混合気に着火しないときに，燃焼生成物はアルデヒド臭をもつているので酸化反応がおこつていることは確かである。

Table 2, Ignition of the mixture of ether vapor and dry air by Method "A„ (See Fig. 9.)

Falling conditions of a burning cigaret	Length of the non-burning part, mm	25				60			
	Falling distance, m	0.18		0.36		0.18		0.36	
	Falling velocity at fall. pos., m/sec	0.25		0.38		0.25		0.38	
Concentration of the mixfure before falling, % by volume		4.0	8.7	4.0	8.7	4.0	8.7	4.0	8.7
Ignition or not and the Frequency of phenomena	Ignition or not, ○ or ×	×	×	×	×	×	×	×	×
	Erequency, fraction	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10
Remark		Cigaret goes out half burnt in 6～7 minutes. Temp. of the mixture is (28±3) °C.							

Table 3, Ignition of the mixture of ether vapor and dry air by Method "B,, (See Fig. 9.)

Concentr. of the mixture before falling, % by vol.	5.4		6.3	7.4	8.0	8.7		13.3	15.8	17.1	18.4
Free-falling distance, m	0.35	0.53	0.35	0.35	0.35	0.25	0.53	0.35	0.35	0.35	0.35
Ignition or not, ○ or ×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	×
Frequency of* phenomena, fraction	5/5	5/5	5/5	5/5	2/6	6/6	6/6	6/6	4/5	2/6	5/5
Remark	* Refer to **Fig. 10**				Time lag of ignition is obout 2.0~3.0 seconds.						

Temp. of the mixture is (24±2) °C.
Free-falling velocity at the falling position 0.35 or 0.53m is calculated to be 2.7 or 3.1 m/sec respectively.

Table 4, Ignition of the mixture of ether vapor and dry air by Method "C,, (See Fig. 9.)

Falling conditions of a burnng cigaret	Length of the non-burning part, mm	25		15		5		2	0
	Falling distance, m	0.18	0.36	0.18	0.36	0.18	0.36	0.18	0.18
	Falling velocity at fall. pos., m/sec.	0.25	0.38	0.25	0.38	0.25	0.38	0.25	0.38
Ignition or not and the frequency of phenomena	Ignition or not, ○ or ×	×	×	×	×	×	×	×	○
	Frequency, fraction	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5
Remark	Concentration of the mixture before falling is 8.7% by volume. Temp. of the mixture is (22±2) °C.								Time lag of ignition is 1.6~2.2 seconds.

Table 5, Ignition of the mixture of ether vapor and dry air by Method "D,, (See Fig. 9.)

Concentration of the mixture before falling, % by volume	8.7	10.0	10.6	11.2		12.4	14.6	17.1	18.4
Length of the non-burning part, mm	25	25	25	5	25	25	25	25	25
Ignition or not, ○ or ×	×	×	○	○	○	○	○	○	○
Frequency,* fraction	5/5	5/5	3/6	6/6	5/6	3/6	4/6	1/6	2/6

Temp. of the mixture is (28±1) °C. *Refer to **Fig. 10.** Time lag of ignition is 2.0~3.2 sec.
Falling distance is 18cm. The falling velocity at the falling position is 0.25 m/sec.

4.1.3 着火方法 "C„ の場合

未燃部分の長さが25, 15, 5, 2, 0 * mm のたばこを用いて行なわれ，落下前の混合気体の濃度はすべて8.7％であつた。この実験結果は **Table 4** に示される。

4.1.4 着火方法 "D„ の場合

この実験結果は **Table 5** に示される。落下距離はすべて 0.18mm，その落下点における速度は約 0.25m/sec である。エーテル空気混合気の濃度と着火頻度との関係は又 **Fig. 10** に示される。以上の結果，エーテルの場合には，着火方法 "B„ 及び "D„ において着火の危険性があり，"B„ の方が "D„ よりも着火頻度高く，"B„ は4種の着火方法中最も危険性が大である。

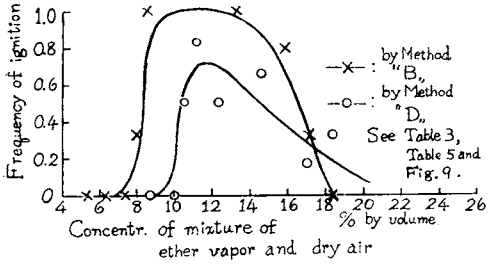


Fig. 10

4.2 ガソリン

蒸溜ガソリン（B.P.＝95～105°C）及び市販の自動車用70オクタンガソリンについて行なつたが，その結果は **Table 6** 及び **Table 7** 示にす通りである。着火方法 "B„ 及び "D„ いづれ

* この実験結果より未燃部分の長さの相異によつて着火に影響をうけないことがわかる。未燃部分の長さ＝0mmのときだけ着火するが，この場合はむしろ着火方法 "B„ の場合と考えねばならない。

Table 6, Ignition of the mixture of distilled gasoline (B.P＝95～105°C) vapor and dry air by Method "B„ or "D„ (See Fig. 9.)

Method of ignition	"B„			„D„
Distll. gasoline content evaporated in 2.65 litre combustion vessel, c.c.	0.15	0.35	0.65	0.20
Iguition or not, ○ or ×	×	×	×	×
Frequency, fraction	10/10	10/10	5/5	10/10
Remark	Free falling velocity at the free falling position 0.35m is calculated to be 2.7m/sec. Temp. of the mixture is (30±2)°C			Fall. velocity at 0.18m fall. dis. is 0.25 m/sec.

Table 7, Ignition of the mixture of 70 octane Gasoline vapor and dry air by Method "B„ or "D„ (See Fig. 9.)

Method of ignition	"B„				"D„
70 octane gasoline content evaporated in 2.65 litre combustion vessel, c.c.	0.15	0.20	0.30	0.45	0.20
Ignition or not, ○ or ×	×	×	×	×	×
Frequency, fraction	10/10	10/10	5/5	2/2	5/5
Remark	Free-falling velocity at the free falling position 0.35m is calculated to be 2.7m/sec.				Length of the non-burning part is 25 mm Falling dist.: 0.18m Falling vel.: 0.25m/sec.
	Temp. of the mixture is (30±2) °C				

の場合も全然着火しなかつた。このほかにたばこ（未燃部分の長さ＝25mm）を約30cmのガラス管の一端に挿入し，点火してアスピレーターにより吸引圧力約40mm Aq.位で吸引しつゝ投入口より混合気中に入れてみたが，10回とも全然着火しなかつた。本実験では，たばこの火によつてガソリンに着火させることはできなかつた。

4.3 アセトン

着火方法"B,,のみによつて行なつたが，その結果は **Table 8** に示す通りであつて全然着火しなかつた。

Table 8, Ignition of the mixture of acetone vapor and dry air by Method "B,, only. (See Fig. 9.)

Concentraticn of the mixture before falling, % by uolume	5.7	12.0
Ignition or not, ○ or ×	×	×
Frequency, fraction	5/5	5/5
Remark	Temp, of the mixture is (23±2) °C. Free-fall. dist. : 0.35m Frec-fall. vel. calc. : 2.7m/sec	

4.4 ベンゾール

混合気の濃度5.9%に対し，着火方法"B,,（自由落下距離＝0.35m）のみについて行なつたが，5回とも全然着火しなかつた（非着火頻度＝5/5）。なお混合気の温度は（25±2）°Cであつた。

4.5 二硫化炭素

エーテル空気混合気の実験結果から最も着火の危険性の小さいと考えられる着火方法"A,,について行なつた。この実験でたばこの未燃部分の長さは60mm，落下距離＝0.18m，その落下点における速度は 0.25m/sec，混合気の濃度は約6.1%であつた。7回行ない7回とも全部着火し（着火頻度 7/7），着火のおくれは 0.07～0.10sec.であつて，このたばこの火が投入口に入るやいなや瞬間的に着火爆発がおこつた。したがつて着火後とりだしてたばこの外観を観察すると，未燃部分の紙が大きく破れるか，又は所々破れて，たばこのきざみが露出又はとび散つていた。このようなことは前述のエーテル空気混合気の着火の際にはみられなかつた現象であつた。この結果たばこの火がいかに二硫化炭素に対して危険であるかがわかる。混合気体の温度は（21±1.5）°Cであつた。

5. 検　討

5.1 第2報の実験結果の検討

第2報では熱源としてたばこの火を用いた場合で，赤熱した細い金属線を熱源とした第1報の場合と異なり熱源自身も燃焼しているので，たばこを投入する前の容器内の濃度が一定であつても，投入後はその濃度が局部的に変化し，特に酸素濃度は時間のたつにつれて次第に減少し，したがつて熱源であるたばこの燃焼も悪くなる結果，益々着火しにくゝなると考えられる。この実験では，大体2～3sec.以内で着火しないものはそれ以上の時間がたつても全然着火しなかつたのは以上のような理由によると考えられる。4種の着火方法のうち，"A,,の場合に，二硫化炭素以外着火の可能性がなかつたのは，たばこの燃焼している部分で混合気体が着火温度以上に加熱されても，燃焼している部分の上方の未燃部分又はその近傍で熱を奪われる結果着火しないと考えられ，同様の事は着火方法"C,の場合についてもいえる（たゞし未燃部分の長さが0mmのときは着火方法"B,,の場合と考えられる）。着火方法"B,,の場合には，たばこの燃焼している部分が未燃焼部分と切りはなされる結果，他の着火方法"A,,，"C,,，"D,,いづれの場合のたばこの燃焼部分の表面積にくらべ，表面積が大となり，周囲からの空気の流入が容易となり，したがつて酸素の供給が良くなる結果燃焼も盛ん

になり，又周囲の混合気体え単位時間に与える熱量が他の着火方法よりも大となる結果，着火頻度が最も大きいと考えられる。着火方法"D,,の場合には，"A,,，"C,,の場合と未燃部分の位置が逆になるため，たばこの燃焼している部分で着火温度以上に加熱された混合気体も未燃部分が下方にあるため，"A,,，"C,,の場合のようにそれによつて熱を奪われることがなく，燃焼部分の表面積は"B,,の場合よりは小であるので，着火頻度は"B,,に次いで大きいと考えられる。エーテルの実験結果は以上の考察をよく裏づけている。この事は固体熱源の幾何学的形状や表面積，配置方法等が熱伝達に影響を及ぼす結果で，このような着火現象においては，熱伝達は非常に重要な要素である。したがつてたばこの火が水平方向又は鉛直方向とある傾きをなして落下する場合等では，"A,,，,,B"，"C,,，"D,,にする場合と少しは異つた結果を示すものと考えられる。これら一般の場合についての結果は装置の都合で行なわれなかつたので確かなことはわからぬが，"A,,，"B,,，"C,,，"D,,の方法による結果から内挿された場合に相当する結果を示すと推定される。たばこの火等の燃焼している固体燃源を用いる場合には必ずその表面に灰が附着している（たばこの灰の必分については **Table 9**[5] 参照）が，第1報で 0.50φmm×30 mmのニツケル線を 1000°C 位に赤熱したものをエーテル空気混合気中に落下投入しても着火しないのに，せいぜい 800°C 位のたばこの火で着火したということについては，熱源の大きさや形状の相異等の熱伝達の相異によるのか，それともたばこの燃焼炭化した部分が気体分子等を吸着しやすいという固体表面の性質の相異によるのかという点に関してはよくわからない。又この実験の程度の落下速度の相異では着火現象に影響はないと思われる。

次にガソリンがたばこの火によつて着火するやいなやという点に関しては，結論をいうのにはこの実験回数で充分であるとはいゝきれないが，第1報の **Table 1** に表示したように，これまで比較的よく測定されている着火温度，すなわち混合気体を一定容積の容器中で一様に加熱してきめた着火温度(Self-Ignition Temperature，略して S.I.T.[9] とも呼ぶ）によると，1L の容器を使用した場合，エーテルは 180°C，65 オクタンガソリンで 248°C，73 オクタンガソリンで 258°C，87 オクタンガソリンで 412°C となつており，S.I.T. を測定する際の容器の容積の影響（1L の容器を用いた場合の S.I.T. を標準として，0.008～15L の容器の大きさによる S.I.T. の相異）を考慮しても大体±（30～40）°C 位でしかも 1L 以上の容器では（10～20）°C だけ低い S.I.T. であり，1L 以下では逆に高い S.I.T. を示す点を考慮すると，実験に使用した B.P.＝95～105°C の蒸溜ガソリンをかりにノルマルヘプタンとしてその S.I.T. は 223°C，又 70 オクタンのガソリンの S.I.T. は上述の値から内挿して約 250°C であつて，これらにはたばこの火によつて全然着火しなかつたのであるから S.I.T.＝220°C 以上の可燃性液体はたばこの火によつて着火の可燃性がないとみてさしつかえないのではないか。実験に使用したたばこはピースであるが既報のごとく，ピースは光，新生，バツトにくらべ，最高燃焼温度は最も高かつたのである。他のたばこ例えば朝日，富士，パールその他のきざみたばこ，アメリカ製たばこ等も燃焼性からいつてピース

Table 9. The analysis table of ashes' components of Japanese cigaret (by C.R.I. of Japan Monopoly Public Corporation)

Ashes' components of Japanese Cigaret	Contained %	Remark
Ca (Calcium)	36.0	Potassium is abundant in a cigaret of good quality i.e. good burning.
K (Fotassium)	38.0	
Mg (Magnesium)	12.0	
Na (Sodium)	1.7	
PO_4 (Phosphate)	6.0	
Silica	1 4	
Cl (Chlorine)	1.4	
SO_4 (Sulphate)	3 3	
Fe (Iron)	0.54	

とくらべ大きな相異はなさそうであるので，筆者としては，たばこの火によつて，エーテルのS.I.T.すなわち180°Cをこえるもの，少しく安全側にとりS.I.T.＝220°C以上のものは着火しないと確信している。

5.2 理論的検討

第1報，第2報を通じての実験結果について少しく理論的に検討してみることにする。可燃性混合気体の高温固体による着火の理論の最も単純な場合としてSILVER[7]が，更に一般的に可燃性混合気体の着火の理論としてMOLE[6]及びLANDAU[9]等の理論があり（これらについては，熊谷清一郎[1]氏により詳細に解説されているので，筆者は主として同氏の解説より引用させていたゞくことをこゝにおことわりしておく），これらの理論のうちSILVER及びLANDAUの理論は，筆者の実験結果にある程度の適用性と示唆を与えてくれていると思うので，簡単に説明しつゝ引用したい。

5.2.1 SILVERの理論

SILVERの理論では，赤熱された球が可燃性混合気体の中におかれたとき，その表面から伝導によつて熱が伝播すると共に燃焼反応のためにARRHENIUS式に比例する発熱がおこる場合を考え，数学的な困難をさけるために次の3つの仮定がとられる。

（1） 球に接するガス層は，瞬間的に球面の温度T_pになる。

（2） 球面の単位面積について，単位時間に失なわれる熱量はT_pと室温T_0との差に比例し，$p(T_p-T_0)$である。こゝに$p=\text{const.}$とする。

（3） 球の周囲の瞬間的に加熱されるガスの薄殻のなかでは，濃度勾配が一様であるいま熱球の半径$=a$，その中心からの距離$=r$，球面のまわりの薄い殻をdr，単位容積の混合気について単位時間に反応する割合$=V$とすると

$$V=\alpha k \qquad (1)$$

なる関係になる。こゝにα＝反応ガスの濃度因数，k＝速度定数である。又ARRHENIUS式は

$$k=C\exp(-A/RT) \qquad (2)$$

こゝにC＝定数，A＝活性化エネルギー，R＝気体定数である。

更に $\beta=\alpha C$ （3）

とおき，混合気の単位面積についての燃焼により発生する熱量$=Q$とすれば，着火の際には，表面から熱が失なわれる速度と発熱する速度が等しいとおいて（4）式をうる。

$$8\pi a p(T_p-T_0)dr=4\pi a^2 drQ\beta\exp(-A/RT_p). \qquad (4)$$

$$\therefore a=2p(T_p-T_0)\exp(A/RT_p)/Q\beta. \qquad (5)$$

すなわち着火温度T_pと熱球の半径aとの関係を示す式がえられたが，（5）式の妥当性は，$\log\{(T_p-T_0)/a\}$と$1/T_p$の関係が直線性を示すことが実験により証明される。この直線の傾斜からこの場合の活性化エネルギーを出し，これが実際に水素，ペンタン，石炭ガスの均一系の反応より求めた活性化エネルギーの値より小で，この事は固相気相の不均一系の反応においては，活性化エネルギーが均一系の反応におけるそれにくらべて低下するという結論に達しているが，（5）式は実験的に測定できない量を含んでいて，これ以上のことはよくわからない。この理論により筆者のえた実験結果を検討できるのは，活性化エネルギーについて位で，筆者としては現在この点についてあまり興味がないので，この理論による検討はこの程度にとゞめる。

5.2.2 LANDAUの理論

次にLANDAUの理論では，大きな容器に入つている可燃性混合気体の壁面からはなれた小さな球体のなかに，たとえば電気火花をとばすことによつて急速なエネルギーの放出が行なわれ，そのエネルギーによつて混合気体の小容積は瞬間的に加熱され，そこで活性分子がつくられると考える。この活性分子というのは連鎖反応の連鎖単体である。名前は分子という便宜上の名前はついているが，こゝでは分子であるとか，イオンであるとか，原子であるとかが生成される機構を問題にしない立場をとり，たゞと

のようなエネルギーの放出によつて，活性分子がつくられると仮定する。更にこの活性分子の濃度に比例する速度で発熱反応が進行すると考える。この活性分子はまだ活性化されていない混合気中に拡散してゆくし，更にその濃度に比例する増加速度で分岐してゆくので，この活性分子の濃度は，活性分子を最初につくつたエネルギー源からの距離及び時間によつて変化すると考える。こゝで着火の条件として，この球体（エネルギー源）の中心の温度が低下しないと考え，活性分子の濃度に対する偏微分方程式と温度に対する偏微分方程式とを導き，着火の条件より諸物理量との関係を求めている。方程式を解く数学的困難をさけるため，活性分子の拡散係数と混合気体の温度伝導率との比を1と仮定し，更に発熱反応及び連鎖分岐の速度は温度の函数であるが，着火現象がごく短時間内にきまつてしまう現象であるので，温度依存性を無視する。すなわち温度 T_0 の混合気体の中の半径 R の球体がはじめ瞬間的に T_1 にあり，同時に単位体積について n_0 の濃度の活性分子でみたされるとする。この活性分子は拡散し，単位時間に Q 単位の熱量を発生し，その濃度に比例する速度で，その数を増加してゆくと考えると活性分子の濃度に対する偏微分方程式は

$$\frac{\partial n}{\partial t}=\mu^2\nabla^2 n+\alpha n. \qquad (6)$$

こゝに $n=n(r,t)$，距離 r，時間 t における活性分子の濃度，μ^2＝拡散係数，$\nabla^2=1/r^2\times\partial/\partial r(r^2\partial/\partial r)$，$\alpha$＝分岐係数，$n_0$＝半径 R の球体のなかの初期濃度とする。この解は

$$n=n_0\exp(\alpha t)U(r,t), \qquad (7)$$

$$\exp(\alpha t)=\frac{1}{2}\,\mathrm{erf}\left(\frac{R+r}{2\mu\sqrt{t}}\right)+\mathrm{erf}\left(\frac{R-r}{2\mu\sqrt{t}}\right)+\frac{\mu}{r}\sqrt{\frac{t}{\pi}}\exp\left\{-\left(\frac{R+r}{2\mu\sqrt{t}}\right)\right\}^2-\exp\left\{-\left(\frac{R-r}{2\mu\sqrt{t}}\right)^2\right\} \qquad (8)$$

$$\mathrm{erf}\,x=\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int^x\exp(-s^2)ds. \qquad (9)$$

つぎに温度に対する偏微分方程式は

$$\frac{\partial T}{\partial t}=\mu^2\nabla^2 T+\frac{Q}{c}n(r,t). \qquad (10)$$

初期条件は

$$t=0\text{ のとき}\quad \left.\begin{array}{l} T=T_1\ (0\leqq r\leqq R)\\ T=T_0\ (r>R)\end{array}\right\} \qquad (11)$$

である。こゝに $T=T(r,t)$，距離 r，時間 t における温度，μ^2＝温度伝導率，Q＝各活性分子の作用によつて単位時間に発生する熱量，c＝混合気体の単位容積の比熱，T_1＝半径 R の球体の初期濃度とする。方程式（10）の解は（7）式を用い

$$T(r,t)=T_0+\left(T_1-T_0+\frac{Qn_0}{c}\frac{\exp(\alpha t)-1}{\alpha}\right)U(\alpha,t). \qquad (12)$$

こゝで中心の温度，すなわち $T(0,t)$ は（12）式より

$$T(0,t)=T_0+\left(T_1-T_0+\frac{Qn_0}{c}\frac{\exp(\alpha t)-1}{\alpha}\right)\times\left\{\mathrm{erf}\left(\frac{R}{2\mu\sqrt{t}}\right)-\frac{R}{\mu\sqrt{\pi t}}\exp(-R^2/4\mu^2 t)\right\} \qquad (13)$$

になる。

$$\therefore\ \frac{\partial T(0,t)}{\partial t}=-\left\{T_1-T_0+\frac{Qn_0}{c}\frac{\exp(\alpha t)-1}{\alpha}\right\}\times\left\{\frac{R^3}{4\sqrt{\pi}\,\mu^3 t^{5/2}}\exp(-R^2/4\mu^2 t)\right\}+\frac{Qn_0}{c}\exp(\alpha t)\left\{\mathrm{erf}\left(\frac{R}{2\mu\sqrt{t}}\right)-\frac{R}{\mu\sqrt{\pi t}}\exp(-R^2/4\mu^2 t)\right\}. \qquad (14)$$

また $x=R/2\mu\sqrt{t}$, (15)

$$\alpha=m(2\mu/R)^2, \qquad (16)$$

$$A=4(T_1-T_0)k/Qn_0 \qquad (17)$$

とおく。こゝで k＝混合気体の熱伝導率＝$\mu^2 c$ であつて（14）式をかきなおせば，

$$\frac{\partial T(0,t)}{\partial t}=\frac{2Qn_0}{c}x^3\exp(-x^2)$$

$$\left[A-\frac{\exp(m/x^2)-1}{m}+\frac{\exp(m/x^2)+x^2}{x^5}\right.$$

$$\left.\left\{\frac{\sqrt{\pi}}{2}\,\mathrm{erf}x-x\exp(-x^2)\right\}\right]. \qquad (18)$$

こゝで

$$\frac{\exp(m/x^2)+x^2}{x^5}\left\{\frac{\sqrt{\pi}}{2}\,\mathrm{erf}x-x\exp(-x^2)\right\}$$

$$-\left\{\frac{\exp(m/x^2)-1}{m}\right\}=\mathrm{F}(x) \qquad (19)$$

とおく。

$$m=x^2\ x^2\times\left\{\mathrm{erf}x\pm\frac{2}{\sqrt{\pi}}x\exp(-x^2)\right\}-\frac{5}{2}. \qquad (20)$$

(20) 式で示されるような関係が成するとき，(19) 式で表わされる$\mathrm{F}(x)$ は極小値をとる。A がこの F の極小値より大であれば，(14) 式より $\partial T(0,t)/\partial t\geqq 0$ が成り立ち，したがつて着火がおこるためには，(17) 式で表わされる A が α によるある値よりも小さいか等しくなければならない。**Fig. 11** に $\alpha\{m(x)\}$ と A との関係を示す。この図によると，$\alpha=0$ で着火はおこらないで斜線をほどこした部分の α の値，したがつてこの α に対する m の値のとき着火がおこることを示している。この結果は熱伝導率 k の小さい程，着火源半径 R の大きい程発熱量 Q の大きい程，拡散係数 μ^2 の小さい程，連鎖分岐係数 α の大きい程着火が容易であることを示している。このような結論は予想できる常識的な結論であるが筆者の実験の場合でも，吸着等という界面現象を無視すれば，電気火花も一種の微小な固体熱源とみなしうるので，Landauの理論は実験的に測定できない量を含んでいるので定量的にはわからないが，定性的にはあてはまると考えられる。なお着火現象については，すでに千谷利三[11]氏によつて，同じようなことが，数式を用いないで平易に解説されていることもつけ加えておく。

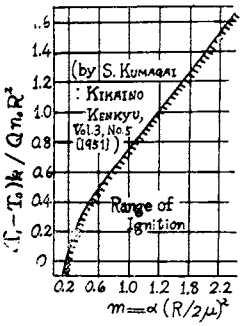


Fig. 11

6. 結　論

(I) S.I.T.=220°C 以上の可燃性液体，例えばベンゾール，アセトン，65～87オクタンガソリン，B.P.=50～100°C の蒸溜ガソリンに対しては，たばこの火によつて着火する可能性はない。

(II) S.I.T.=180°C 以下のエーテル 二硫化炭素には着火の可能性は充分あり，特に二硫化炭素は，たばこの火を近づけると瞬間的に着火爆発を引きおこす危険がある。

(III) たばこによつて可燃性液体に着火する危険の一番あるのは，燃焼しているたばこ全体でなく，その燃焼している部分が小塊となつて，未燃焼部分から離れて落下するときである。たゞしこの実験の結果たばこの火によつてガソリン等に着火する可能性がないからといつて，ガソリン等のおいてある場所又はその近くで，喫煙する等のことは，マツチの焔やライターの火花等による引火の危険もあるので従来のごとく危険と考えねばならぬことを特に指摘しておきたい。

本研究中に附ずいして問題となつた固体表体温度の測定方法，高温固体より気体えの熱伝達の問題等の純物理的な問題，着火現象や固相気相不均一系の反応等の物理化学的な問題は，将来各項目について改めて深く探究されるべき性質のものと筆者は考えている。本報告は，相当冗長になつた部分もあるが，筆者が自分なりに最初に企図した事柄をほゞ遂行でき，第1報，第2報によつて若干の実用的な成果がえられたと確信するので，第2報をもつてこの研究を一応打ち切ることにする。

最後に本研究を実施中，小林辰男所長，研野作一技術課長，初め研究所内の多くの方々から絶えず御鞭達いたゞいたことに対し，又東大教養学部教授金原壽郎先生初め火災学会第1部会の方々より終始熱心かつ有益なる御討論をたまわつた事に対し，更に本研究の一部に貴重なる火災学会研究援助金をいたゞいた事に対し深く感謝申上げます。

引 用 文 献

1） 新居六郎：本誌 5 2 (1955) 19～23

2） 新居六郎：本誌 6 1 (1955) 1～11

3） （2）に同じ。

4） （1）に同じ。

5） 日本専売公社中央研究所たばこ研究部長大西勲氏談による。

6） Setchkin : J. R. Nat. Bur. Stands. 53 (1954) 53—65

7） Silver : Phil. Mag. 23 (1937) 633

8） Mole : Proc. Phys. Soc. 48 (1936) 857

9） Landau : Chem. Rev. 21 (1937) 245

10） 熊谷清一郎：機械の研究 3 5 (1951) 317～

11） 千谷利三："燃焼と爆発"（昭19）33～78 増進堂発行

本報告第1報（消防研究所報告，Vol. 5 No. 2 (1954)）の誤の訂正

本報告第1報で誤のあつた所を次に示す正誤表のごとく訂正する。

本報告第1報（消防研究所報告，Vol. 5, No. 2, 1955, 19～35）における正誤表

訂正箇所				誤	正
頁	らん	本文又は図表	行		
19		英文	下から11	idameters	diameters
20		〃	上から 4	lowert	lower
〃		〃	上から 5	respec	respect
〃		〃	上から10	min.	min..
23	右	本文	上から 6	(iii) 混合気体の追度…	(iii) 混合気体の濃度…
24		Table 1	上から 1 らん	Ignition Point (Temp) °C	Ignition Point (〃 Temp) °C
〃	右より 3 らん	〃	上から 5 らん	150	100
26	左	本文	下から12	濃度5.7%, 12.0で	濃度5.7%, 12.0%で
27	左	〃	下から 5	…の回教の…	…の回数の…
30	左	〃	下から24	右辺＝CO_2+3H_7O (9)	右辺＝CO_2+3H_2O (9)
33	右	〃	下から 1	Ni, Stainless Steel,	Ni, 特殊鋼
35	左	〃	下から16	(…メテルアルコール)	(メチルアルコール)
19		英文	下から16	…etc.	etc..
29		Table 2	上から 1	…of Conentrations…	…of Concentrations…
32	右	本文	下から14	着火頭度	着火頻度

（昭和30年11月4日受理）

消防用短波無線電話機の實用狀況

中内俊作・渡辺彰夫

A State of Commercial Transmission by AM High Frequency Sets in Fire Uses.

By

S. NAKAUCHI AND A. WATANABE

Members of the Institute

(*Received November* 25, 1955)

In the authors' previous report (1) they described the results of the field test of short wave communicaton by trial sets, and concluded that the sets were applicable to practical uses.

After that time, about 80 fire stations at various parts in Japan commenced their transmission by the AM short wave radio sets approved by our institute. The above-mentioned 80 fire stations are using about 300 sets for their business communication.

The utilities of the commercial transmission were investigated by the authors and the results were in this report.

The mean ranges of the sets whose selectivities were shown by the curve II in Fig. 1 were 8 km between fixed stations, and 5.8 km between a fixed and a mobile station and the ranges of sets whose selectivities shown by the curve IV were 15 km between fixed—fixed and 6 km between fixed—mobile.

The maximum ranges were 45 km (fixed—fixed) and 25 km (fixed—mobile). They were obtained by the sets having selectivities shown by the curve IV in Fig. 1.

In this report the authors concluded that the AM short wave communication proved its utitilities by the commercial transmission for fire uses at the most parts of cities in Japan, then the AM sets were more preferable than the FM sets for it's simplicity and low cost, but at a part of cities where city noises were very intense VHF FM sets were more preferable.

1. 緒　言

さきに昭和29年7月17日消防用短波無線電話機規格が定められてから1年あまり経過し，この間本年11月10日までに2社によりF－1型送受信機（卓上型）172台，M－1型送受信機（車載用）124台が製造されている。当所としてもこれら無線電話機を設置した市町村における運用状況を調査するとともに，最近三重県松阪市消防本部の協力をえてその実験を行つたので，ここに発表することとする。

2. 実用通信における諸問題とその對策

2.1 概　要

消防用短波無線電話機の当初の計画と目的は，設備費及び保守費がかさむ有線電話機のかわりに人工雑音の少ない中小都市及びその周辺市町村間を固定局で結ぶことにあつたが，車載用送受信機の要望大でありこれも加えられた。これらの実用化に伴い，混信及び雑音が地方によつて問題となり早急に対策がたてられた[1]がその後市町村の合併による自治消防の受持区域の拡大等により基地局及び車載局間の通信距離の増大を望む地方の声が大となつた。

2.2 対　策

以上の要望により規格は内規で改善された。即ち，

1）中間周波増巾段の選択度を向上する[1]（ブロック・フイルタ等による）。

2）高周波増巾段の選択度を向上する[1]（複同調回路によるほか，一部地方においては混変調除去フイルタ及び低周波フイルタによる）。

3）雑音制限回路を改良する（二極管使用の直列型並列型回路による）。

4）空中線整合が容易なようにする（豆球等による）。

以上のほか特にM－1型にあつては，

5）高周波送信出力電流を増大する。

6）ホイップを防水型可撓とし高さの制限を緩和する。

7）輻射抵抗及び空中線容量の変化に対応できるようにする。

8）マイクは金属外被防水型としスピーカを容易に延長できるようジャックを設ける。

これらの対策が検定時の試験成績に及ぼした影響は**第1表**に示す通りである。

第1表　最近の消防用短波無線電話機の性能

				当初見本	N社	P社	Q社	Z社
F－1型	感度 (db)			6	1	0	2	12
	S／N (db)			15	27	29	22	22
	影像比 (db)			58	70	70	80	62
	中間周波選択度（kc）	6 db	(＋)	2.7	3.1	2.15	2.1	2.65
			(－)	3.1	3.7	2.35	2.4	2.65
		20db	(＋)	6.4				
			(－)	7.3				
		40db	(＋)	13.8				
			(－)	14.0				
		60db	(＋)		9.3	6.95	9.3	9.25
			(－)		9.1	7.05	8.2	8.25
M－1型	送信電流 (mA)			163	204	204	220	
	感度 (db)			6	6	13	9	
	S／N (db)			15	27	26	28	
	影像比 (db)			67	76	80	71	

註：

I）本表には予備検定中の製品も含まれ，社名はランダムに配列されてある。

II）予備検定合格製品は最初の検定ロットの平均を示し，未だ合格していない製品は最終提出品のデータを示す。

III）影像比にはスプリアス周波数及び水晶副共振周波数における選択度も含まれる。

3. 消防用短波無線電話機の運用状況

3.1 調査対象

この運用状況調査は本年8月15日現在実用されている83市町村に対し行われた。回答されたのは59市町村（71%）であり，送受信機別としてはF－1型85台及びM－1型53台が含まれている。調査項目及び回答は3.2以下3.9迄に記す通りであつた。

なお，調査対象中には2.2の1）2）6）8）を

満足する改良型は含まれているが，全項目が改良され第1表に述べられたデータを有する送受信機は含まれていなかつた。

3.2　空中線及び接地

1）F－1型用空中線及び接地

F－1型用空中線については本年9月末郵政省より無線局開設にあたり撤収及び架設の容易でない固定空中線を使用しているとき「陸上移動局」として認めず「陸上固定局」または「基地局」として取扱う旨通達がなされているので**第2表**に示すよう地形地物を利用した半固定空中線が望まれる。表中，地形地物としては既存の望楼・火の見やぐら・ホース乾燥塔・建物屋上・建物壁体・軒下・樹木等があげられる。

第2表　空中線の設置方法

空中線設置方法		回答数74中
地形地物利用	特に大きな支柱を設けないもの	50.0%
	片側の支柱を設けたもの	20.3%
建物を利用，支柱を二本設けたもの		9.5%
特にアンテナをたてたもの		20.3%

空中線の設置に当つて逆L型空中線の指向時性，また傾斜空中線においては空中線の高い一端を固定している鉄塔の影響による指向性について注意が必要である。

空中線型式としては逆L型71.3%，傾斜型27.4%，T型空中線1.4%であり，接地方法としては接地棒によるもの58.3%，銅板銅線によるもの28.3%，水道管等を利用したもの13.3%であつた。なお水道管接地は普通接地抵抗が数オーム以下であり，良好な接地方法であるから，接地棒によるよりも出来るならば水道管を利用した方がよい。

2）M－1型用空中線及び接地

M－1型空中線の基部地上高は平均1.40mで1m以下が1/3となつている。また自動車車庫出入口高は平均2.96mであつた。これは空中線が横倒し可能または可撓であることを必要とすることを示し，電波輻射上不利な低い位置にアンテナが設置されている理由でもあらう。

アンテナの設置場所としては約2/3が運転台後部に設置され，車の進行方向に対する区別では左側32%，右側49%となつている。左右いずれに設置したほうがよいかは車の装備ももちろん考えなければならないが一般的には右側のほうが有利でないかと思われる。すなはち，配電線等雑音源より離れ雑音を拾いにくく，樹木，家屋，崖等より離れるので建物間や谷間を走行しながら通信を行うに有利となる。

なお逆L型空中線をM－1用として採用しているものが6.7%あつたがこれについては後述する。

M－1型の接地は(＋)接地が38.4%，(－)接地61.4%であつた。

3.3　送受信機の設置

F－1型送受信機では船舶につけてある例を除いては時に変つた使用法をしているものはなかつた。

M－1型受信機の設置では温度上昇の大きいダッシュボード下や通風のよくない運転台下や木箱内等余りよくない場所に設置されているものが約2割あつたが，このような場所は常温の場所に設置するのに比し壽命が短かくなるものと思われるので避けたほうが好ましい。

3.4　使用時間

送受信機の1日使用時間についてはF－1型では平均6.2時間，このうち1時間以下が58%，8.1時間以上25.0%となつており，F－1型相互間の通信よりF－1型及びM－1型間の通信に多く用いられているようである。

M－1型の1日使用時間は平均1.1時間となつている。

3.5　電　　源

1）交流電源

交流電源の電圧変動範囲は平均(－)9.1V～(＋)5.3V，最大±20V，また周波数変動範囲は平均(－)1.91c/s～(＋)0.81c/s，最大±5c/sとなつている。このうち自家発電等のため周波数変動著るしく自動電圧調整器の使用が不適当と思われる地方があり，このような地方で電圧変

動の大きいときはスライダックまたはオート・トランス及び電圧計の併用により電源電圧を確保することが望ましい。

年間停電時間は予想以上に多く交流電源と直流電源の併用を望まれる地方の多いことが判明した（**第3表**）。このため従来のDC－1型電源

第3表 年間停電時間

年間停電時間	回答数68中
24時間以下	23.5%
25～100時間	25.0%
101～300時間	29.4%
301時間以上	22.1%
平均	203.7時間

の規格中低温動作及び耐震の条項を緩和した簡易型直流電源を安価に供給することを考慮している。

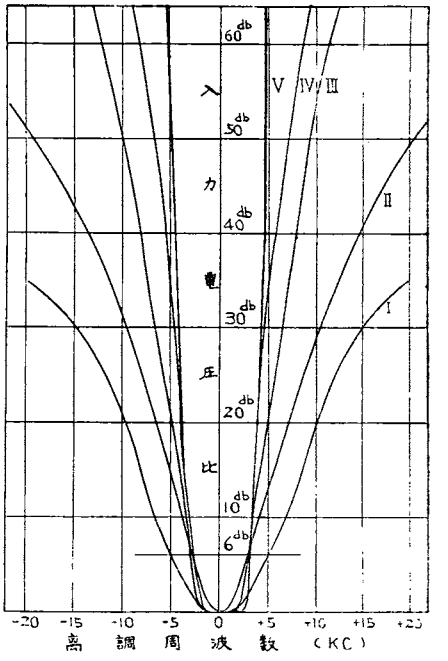
2）直流電源

直流電源の電源電圧として平均6.06Vであり，6Vをかなり下廻る老朽蓄電池及び蓄電池容量の著るしく少い電池（60AH以下）が若干見うけられ，通信の確保が困難とみられるものがあつたのでメーカー及び設置市町村において充分注意する必要がある。

蓄電池が自動車電気系統の蓄電池と共用であるか専用であるかについては共用61%，専用39%であり，蓄電池平均容量は共用のとき141AH，専用のとき165AHとなつている。

3.6 通達距離

通達距離は**第4表**のとおりで，中間周波選択度別に回答値の算術平均値で示した。



第1図 中間周波選択度

I．市販5球スーパー
II．当初 455kc 中間周波トランス
III．改良 455kc ブロック・フイルター
IV．改良 175kc ブロック・フイルター
V．メカニカル・フイルター

公称通達距離は当所が行つた実験からF－1型相互間12km，またF－1型M－1型間5kmと判断されたが，[1]本調査により，それら数値が誤りでないことが裏付けられた。

第4表中M－1型相互間は正確を期するには回答数が少いので注意する必要がある。

第4表より選択度の改善は，F－1型送受信機のように混信電波や雑音を拾いやすい大きな空中線を使用している場合，通達距離を増大するのに有効であることが分る。

第4表 通達距離

中間周波数（中間周波選択度）	F－1型相互間（km）			F－1型 M－1型間（km）			M－1型 相互間（km）		
	悪条件	平均	好条件	悪条件	平均	好条件	悪条件	平均	好条件
455kc（第1図II・III）	以上 5.34	以上 7.98	以上 12.48	3.60	5.89	8.66	1.17	2.00	3.17
175kc（第1図IV）	以上 11.81	以上 15.45	以上 27.69	4.08	6.02	11.77	1.83	3.00	4.17
平均	以上 7.98	以上 10.87	以上 18.98	3.85	5.96	10.25	1.50	2.50	3.67

註：悪条件とは天候・付近の地形地物及び雑音等により通信しにくいとき，また好条件とは天候・地形等による減衰の少いとき及び雑音等の少いときをいう。

F－1型送受信機の空中線による通達距離への影響を調べたが，空中線の平均実効高はいずれも9.5m付近であるが逆L型空中線を使用したときに比べ傾斜型空中線を使用したときのほうが通達距離が短かくなつている。これは設置条件にもよるが空中線整合が完全に行われてないのでないかと推定される。

第4表の通達距離は既に述べられたように，全面的に改善された機器によるものではないので，現在生産されているものは更に通達距離を増大しているであろうと思われる。

なお通達距離の著るしく少いものは現在調査中で，メーカー側でも解決に努力している由である。

3.7 混　信

混信の多いという局はF－1型において17.4%，M－1型において7%となつている。

混信電波としては消防無線局を除き，地方放送局，鉄道管理局，地方建設局，海上保安庁，漁業無線，航空業務等であり，特に夜間著るしいようである。これらの混信は高周波増巾管或は第1検波管の非直線性に基く混変調によるものが多いと考えられるので，中間周波段だけでなく高周波段でもフイルタを使用させる必要があり，これで改善できないものは搬送周波数の変更を必要とするものと考えられる。

3.8 設備費用及び保守

1）現在の送受信機は高いか安いかと言う問については，安いというのが6.3%，妥当とするもの15.0%，高いとするもの78.3%であり，高いとするものは大体現在の価格の6割にまで安くなるよう希望している。

2）保守が面倒となつても安くなつたほうがよいかどうかという問については，不可とするものが70.4%であつた。

3）保守及び修理についてはメーカーに依頼するもの44.9%，消防職員及び嘱託が行うもの38.3%，地方電気器具業者に依頼するもの16.8%であつた。

また保守予算としては平均4,760円，現在迄に要した修理費用を年間に換算して1,360円となつている。

3.9 改良上の主な技術的希望

1）通達距離の増大

通達距離をあげる為の対策として市町村の希望しているものは項目別にあげると，空中線の検討（9市町村），送信出力の増大（9市町村），雑音軽減または防止（6市町村），混信防止（2市町村），空中線電流表示（2市町村），他の周波数の獲得（5市町村）となつている。

2）M－1型にスピーカをつけること（20市町村）。

3）M－1型に呼出信号装置をつけること（6市町村）。

4）12Vの直流電源を製造すること。

5）テスト端子によらずパネルにメーターをつけ送受信機の動作状態が監視できること。

市町村の運用状況に関する調査内容及び結果は以上の通りであつた。

4. 松坂市近邊における実験

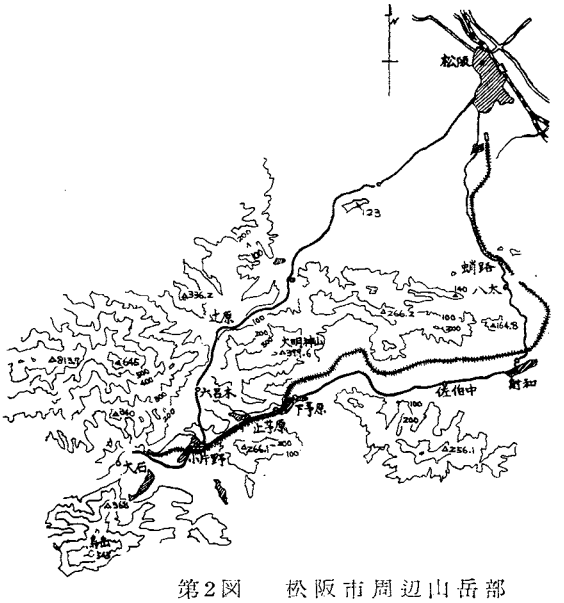
4.1 概　要

本実験は高周波段及び中間周波段で選択度を改善した受信機が実際にどの程度の通達性をもつているかについて2120kcの実用局及び1690kcの実験局で行なわれた。1690kcの実験用送信機の構成は基地局移動局とも消防用短波無線電話機F－1型M－1型と同一である。

4.2 松阪市周辺山岳部における通話試験

松阪市の南方から西方にかけては5km位の所から起伏があり標高300m以上の山がかなりあつてその山の反対側に市町村合併により松坂市に編入された部落がある。雑音源としては一部の道に沿つた電鉄及び高圧線等である。

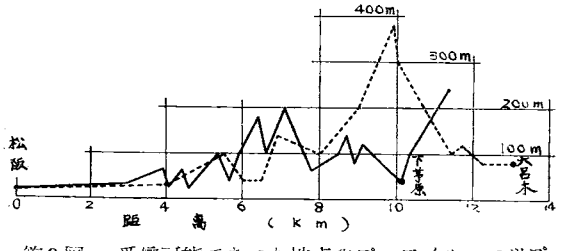
その周辺は**第2図**に示すとおりで付表に基地局における移動局の電界強度（0db/m＝1μV/m）及び感度・明瞭度を示す。なお感度・明瞭度は**第5表**の基準による。



第2図　松阪市周辺山岳部

第2図　附　表

地名	距離 (km)	固定局における感度	固定局における明瞭度	移動局の電界強度 (db/m)	移動局における感度	移動局における明瞭度	註
蛸　路	5.3	5	5	—	5	5	
八　太	6.	3	3	25	3～4	3～4	
射　和	7.8	5	5	—	5	5	
佐伯中	8.3	3	4	23	3	4	
下茅原	10.1	3	4	—	3	3	
上茅原	11.3	—	—	—	—	—	
大　石	14.3	—	—	—	—	—	
大呂木	12.0	3	3	—	3	4	
辻　原	9.7	3	2	—	3	3	基地局で混信あり



第3図　受信可能であつた地点のプロフイル・マツプ

第5表　伝　送　符　号

	感　度 (QSA)	明瞭度 (QRK)
1	辛うじて聞える	了解できない
2	弱い	時々了解できる
3	やゝ良好	読みうるも困難
4	良　好	読みうる
5	極めて良好	完全に読みうる

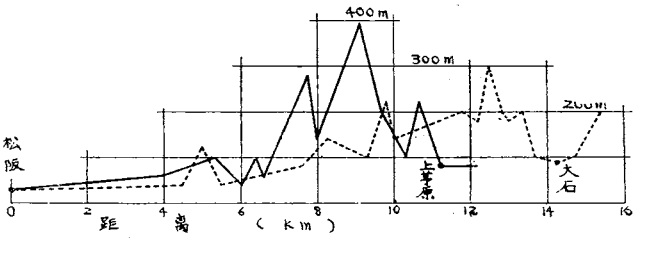
通話試験において2極管による雑音制限器を付加したほうが雑音の多いところでも音量調整器の目盛を上げることができ明らかに有利であつた。特にM－1型では受話器を使用する関係上衝撃性雑音を消去する必要を認めた。

またこのような山岳地におけるF－1型及びM－1型間の通信では地表波の減衰著るしく，基地局と移動局を結ぶ線上にある山岳や丘陵から離れるにつれ回折波が増大することがみとめられた。従つて一般に山間の通信では部落のあるところのような開けた所が地形的に有利ではないかと思われる。

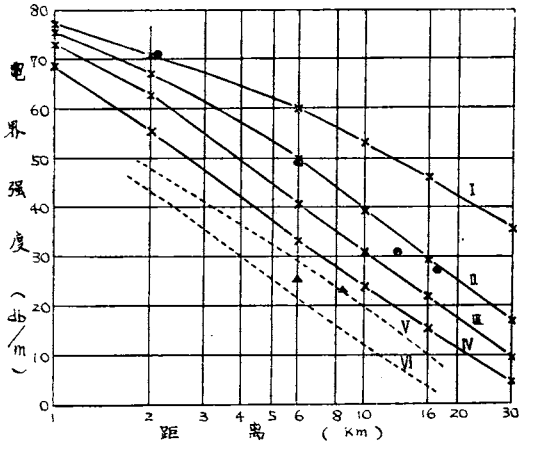
2120kc と 1690kc との比較では，1690kcのほうが大地による地表波の減衰が少く 2120 kc より楽に通話できた。同様に 1755kc のほうが 2120kc より山岳地では有利であるといえよう。

なお**第3図**に受信可能であつた地点，**第4図**に受信不能であつた地点のプロフイル・マツプを示す。

本実験における電界強度の実測値と計算値の比較は**第5図**の通りであり，計算式としては本邦の放送波の地表波伝播の実測に近い値を示すといわれる次のゾンマーフエルトの式によつた。



第4図　受信不能であつた地点のプロフイル・マツプ



第5図　距離対電界強度

I. 海上
II. 平地　空中線3メートル・アンペアのとき
III. 丘陵
IV. 山岳　の計算値
V. 平地　空中線 0.325 メートル・アンペアのときの計算値
VI. 丘陵
● 実測値（F－1型：空中線3メートル・アンペア）
▲ 〃（M－1：型空中線0.325メートル・アンペア）
× 計算値

$$E=\frac{120\pi Ih}{d}\cdot S(\rho)$$

$$S(\rho)=\sqrt{u^2+v^2}\quad : u=1-\frac{2}{1}\rho+\frac{2\cdot 2}{1\cdot 3}\rho^2-\frac{2\cdot 2\cdot 2}{1\cdot 3\cdot 5}\rho^3+\cdots\cdots$$

$$v=\sqrt{\rho\pi}\cdot e^{-\rho}$$

$$\rho>6\text{のとき}\qquad S(\rho)=\frac{1}{2\rho}+\frac{1\cdot 3}{2\cdot 2\rho^2}+\frac{1\cdot 3\cdot 5}{2\cdot 2\cdot 2\rho^3}+\cdots\cdots$$

$$\rho=5.236\cdot 10^{-16}\cdot\frac{d}{\lambda^2\sigma}$$

E：電界強度（μV/m），　I：送信空中線電流（A），h：送信空中線実効高(m)，　λ：波長（km），d：送受信所間の距離(km)，σ：大地の実効導電率（**第6表**参照）

第6表　大地の実効導電率

電波通路　地形	実効導電率　(e. m. u)
海	2×10^{-13}
平地	$4\sim 5\times 10^{-14}$
丘陵	2×10^{-14}
山岳	1×10^{-14}

4.3　松阪市周辺平地における通話試験

松阪市から伊勢市（東方）及び津市（北方）に至る間はおゝむね平地であり雑音源として近畿日本電鉄伊勢線・山田線・大阪線・名松線・高圧送電線及び市街地などがある。その略図は**第6図**に示すとおりでその付表に移動地点における基地局の電界強度（0db/m＝1μV/m）及び感度・明瞭度を示す。なお感度・明瞭度は4・2同様第5表の基準による。

このような平地では通達距離は混信及び雑音により左右されるとみてよく，とくに本試験中ではマイク及びスピーカ等の低周波回路の周波数特性を適当に狭めること，特に低音部をきることにより明瞭度を高め通達距離を増大させる可能性のあることが認められた。

本実験の電界強度の実測値とゾンマーフエルトの式による計算値との比較は第5図のとおりである。

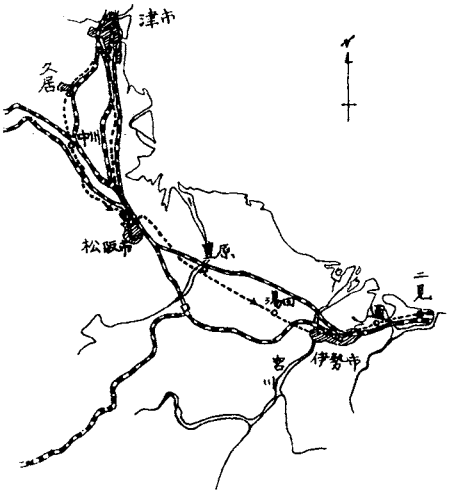
4.4　伊勢市周辺の山岳地における通話試験

本実験は 1690 kc のみを使用し基地局を伊勢市市会事務所に設置して行つた。

地形としては基地局西方 1 km 位から起伏があり350～550mの山が連立している。雑音源として基地局のすぐ前に電車（神都線）が走つている。略図は**第7図**に示し感度及び明瞭度はその付表のとおりで，伊勢市及び下村または床木間のプロフイル・マツプは**第8図**のとおりである（感度・明瞭度は第5表の基準による）。

4.5　米子市における電界強度測定

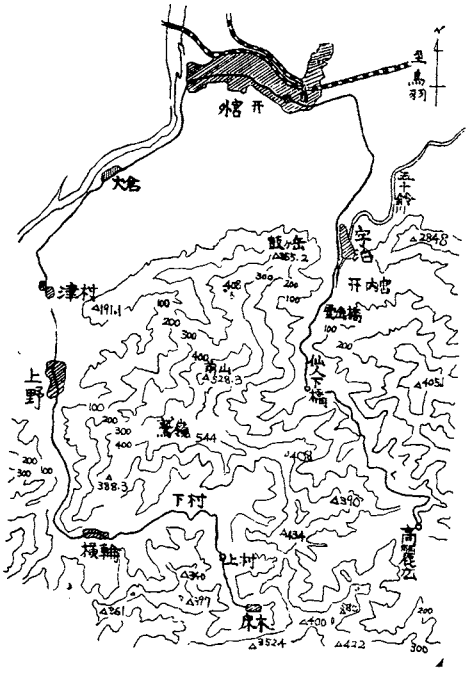
以上当所で行つた試験では 1755 kc について



第6図　松阪市周辺の平地

第6図　附　表

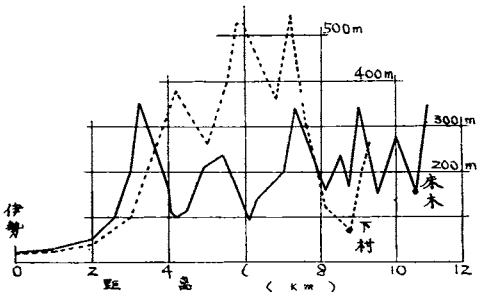
移動局の位置	距離 (km)	固定局における 感度	固定局における 明瞭度	固定局の電界強度 (db/m)	移動局における 感度	移動局における 明瞭度	註
なこす橋	2	5	5	72	5	5	
豊原	6	4	5	49	5	5	
変電所	8	5	5	—	3	3	高圧送電線付近
湯田	13.3	3	4	31	4	4	
宮川橋	17.3	3	3	27	3	3	
ふたまた	17.5	2	2	—	2〜3	2〜3	見通しのきかない凹地
伊勢市内	17.5〜19.5	2〜3	2〜4	—	2〜3	2〜3	
通駅	21.4	3	3	—	3	3	
汐合橋	23	3	3	—	3	3	五十鈴川
二見市	24.1	3	3	—	3	3	
二見トンネル	25	2	2	—	3	3	
これより先はかえってよくとどくので引返す							
若田橋	15.3			—	4	4	津市内
津消防署	15.9			—	3〜4	3〜4	津市内
久居	12			—	3〜4	3〜4	
中川	8			—	4	5	



第7図　伊勢市周辺の山岳部

第7図　附　表

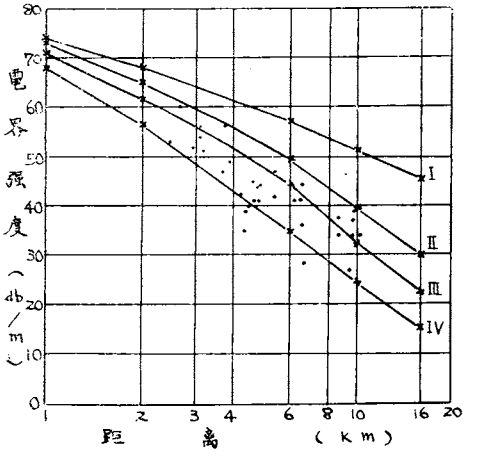
移動局の位置	距離 (km)	固定局における 感度	固定局における 明瞭度	移動局における 感度	移動局における 明瞭度
大倉	4	5	5	5	5
津村	6.3	4	4	4	4
上野	7.4	4	4	5	5
横輪	9.6	4	3	4	4
下村	8.8	4	3	4	4
上村	9.5	4	4	4	4
床木	10.4	4	3	4	4
高麗広	9.1	4	3	4	5
仙人下橋	5.9	4	4	—	—
雲出橋	4.3	4	4	—	—



第8図　伊勢〜下村床木間のプロフイル・マップ

行なつていないが，米子から寄せられた運用状況調査書中に米子電波監視部で測定した，1755 kc による基地局の電界強度があるのでこゝに引用する。

米子市周辺の地形は丘陵及び山岳のある南々東から東南東を除いてはおゝむね平地である。米子市における電界強度の実測値をゾンマーフエルトの式による計算値の比較は**第9図**のとおりである。



第9図　距離対電界強度（1755kc）

I．海
II．平　地　空中線2.4メートル・アンペア
III．丘　陵　のときの計算値
IV．山　岳
●　実測値（F－1型・空中線推定2.4メートル・アンペア）

なおこの実測値において注目されるのは高圧線及び電信電話線の交叉する7 km の地点で数10米離れただけで41 db から29 db と著るしく電界強度の変動していることである。

5．実用上の諸問題に關する考察

5.1　通達距離

消防用短波無線電話機の実用化について問題となつている点は現在通達距離にある。

F－1型相互間では殆んど不満なく，これを現在以上伸ばすことは当初の通信計画上，消防無線局同志の混信により同時通信時F－1型相互間のみならずF－1型M－1型間の通信にも支障を来すおそれがあり現在程度で満足すべきものかと思われる。

しかしながらF－1型M－1型間の到達距離の増大は運用状況調査書を送付してきたかなりの市町村で望んでおり約11 km を希望している。

当初F－1型M－1型間の通達距離の決定に際し5～10万の中都市で消防署配置は1署当り2.78km²，市街地面積は4.6km²[2]である点から5～8 km 届けば充分であると推定された。一方実情は市町村の統合により拡大した市町村域全域にわたりF－1型とM－1型間で通信したいというのが地方の要望のようである。しかしながら現在市町村域の広いものは750km²のものもあるが一応11kmをF－1型M－1型通達距離とするにしてもF－1型と同じ輻射出力を必要とし2mホイップアンテナを使用するとき数百 W の送受信機を使用しなければならない。従つて経済地見地からすれば消防署，市町村の支所，または消防団長の家にF－1型を分散配置するとか，現在の車載局の空中線の実効高を高くとるため仮設空中線を使用するとかしたほうが安価かつ取扱上容易ではないかと思われる。

以上について今少し詳しく述べると，第5図及び第9図に示されたように実測値と比較的一致するゾンマーフエルトの式によれば，電界強度は空中線実効高と空中線電流の積（メートルアンペア）に比例する。これらの変化に伴い，F－1型M－1型間の通達距離がどう変化するか式から算出すると**第7表**のとおりである。な

第7表　空中線電流及びホイップアンテナ高と通達距離

ホイップアンテナ高 ＼ 空中線電流	2 m (km)			2.6m (km)			4 m (km)		
	山岳	丘	平地	山岳	丘	平地	山岳	丘	平地
175 mA（当初型見本相当）	3.4	4.9	7.7	3.8	5.5	8.6	4.3	6.5	9.6
250 mA（2.3の改良型相当）	3.9	5.9	9.2	4.5	6.4	10.1	5.4	7.7	12.0
300 mA（5 W 送信出力）	4.3	6.2	9.8	4.9	7.0	10.9	6.0	8.4	13.0

お受信地点で必要とする電界強度は1947年Atlantic City Radio Regulationで勧告された10μV/m (20db/m) とした。又送信出力電流の増加は電源を現在程度にとどめるとして300mA, 出力は5Wまでとした。**第7表**から分るように送信出力電流300mAで4mホイップアンテナを使用したとき通達距離は当初の約2倍となる。

また，移動用空中線に小型逆L型空中線を採用すれば空中線実効高の向上による電界強度の増大が期待できるので通達距離の増大が望まれ自動車車庫出入口の高さに余裕があるときには逆L型空中線の使用は望ましい改善法といえよう。

5.2 雑音及び混信

雑音及び混信の軽減も通達距離の増大に役立ち，このため選択度の向上が行なわれてきた。

中間周波段の選択度は米軍野戦用無線機に準じて決定した当初の455 kc中間周波トランス（第1図II）から455kcブロックフイルタ（第1図III），更に175kcブロックフイルタ（第1図IV）と改良され1段としては大体限度に近いところ迄向上しており，これ以上の選択度は特殊フイルター——例えば多段のブロックフイルタ，メカニカルフイルタ，数ケの水晶素子によるフイルタ等によるほかはない。

このうちメカニカルフイルタは第1図Vに示すように帯域外減衰特性がすぐれ既に国産化されているが機械的精度等の関係上量産できず価格は3万円位である。現在当所でもこれを高周波選択度の向上，雑音制限器などの問題とともに検討してみたいと考えている。

なお，4.3に述べたように送話器及び受話器を含む低周波回路の通過帯域によつて雑音が軽減し通達距離が向上するに役立つものと考えられるので，現在規格で"低周波通過帯域は300c/sから3000c/sまでとし，帯域外はできるだけ大きく減衰するようにしておくこと"という項を或る程度定量的に規定したいと考えている。

5.3 超短波FM無線機

短波無線電話機の使用が不適当と思われる人工雑音の多い地方や特に大なる通信距離を望む地方では超短波FM送受信機を使用するとよい。ただし山間部ではむしろ中短波によるほうが電波の減衰少く有利である。価格は国警のPR－3型相当のもので1機当り約45万円であり通達距離は平地で約30kmである。従つて1対向90万円を必要とし，現在の消防用短波無線電話機7.5台分に相当する。

6. 結　論

多数の市町村に於ける実用状況から，消防署間又は隣接市町村間との通信のように固定局間同志の通信では，F－1型短波無線機は充分な性能を有すると言える。この時の実用通達距離は15kmである。

固定局と移動局間の実用通達距離は現在の実用状況では6kmである。これを増大するにはアンテナを大きくするのが最も有効であるが，飛躍的に増大するには，固定局を増設して受持区域全部が固定局中心の6km半径の円内に入るようにするか，或は超短波FM送受信機を採用するか何れかによらねばならない。この二者のうち一般に短波の方が経済的には有利であるが，都市騒音の特に大きい市町村では超短波FMの方が有利である。

以上で消防用短波無線機の実用状況の調査結果と，改善された機器による実験結果の報告を終る。

擱筆するに当り，実用状況調査に御協力下さつた市町村当局者，実験に御協力願つた松坂市消防本部，八欧電機株式会社，沖電気株式会社並びに，データ整理を手伝つてもらつた当係の鈴木豊君に深甚の謝意を表するものである。

参 考 文 献

（1） 中内俊作・渡辺彰夫　本誌 5. 2. (1955). 18
（2） 堀内三郎　本誌 2. 2. (1952). 26.

（昭和30年11月25日受理）

消防研究所報告 第6巻 總目次

種々の条件におけるたばこの燃焼特性について……新 居 六 郎……(1)

ホースの水撃作用について……研野作一・宮田 作・石坂和嘉……(12)

花火の落下運動に関する2～3の計算法について……秋田一雄・青沼孝正……(18)

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2報)……新 居 六 郎……(31)

消防用短波無線電話機の使用状況……中内俊作・渡辺彰夫……(44)

GENERAL INDEX OF VOLUME 6

MEMOIRS

Burning Characteristics of Japanese Cigarets
on Several Conditions……R. NII……(1)

On the Water Hammer in Fire Hose……S. TOGINO, T. MIYATA
AND K. ISHIZAKA…… (12)

Some Calculation for the Investigation and Prevention
of Fire due to Fire works……K. AKITA AND T. AONUMA…… (18)

Ignition of Combustible Liquids by Heat Sources
of Solids of Small Sizes (2) ……R. NII……(31)

A State of Commercial Transmission by
AM High Frequency Sets in Fire Uses
……S. NAKAUCHI AND A. WATANABE…… (44)

消防研究所報告　第6巻 第2號
昭和31年2月1日印刷
昭和31年2月8日発行
【通巻16号】

編輯者兼発行者　消防研究所
国家消防本部消防研究所
発行所　三鷹市新川700
電話 武蔵野 (398) 3888
印刷所　株式会社 温故堂
甲府市二十人町43—45番地