

携帯無線機等各種機器の電気スパークによるガス着火危険について

鳥 井 四 郎*
佐 々 木 孝 一*

1. はじめに

最近、都市ガス及びLPガスの漏えいに伴う爆発事故が続発しているが、これは建物構造の変化に伴いガス滞留場所が増加した影響によるとされている。特に、ガス漏えい事故は、ガスそのものによる中毒事故、爆発による破壊及びそれに伴う火災という特異な災害要素を含んでおり、その災害を第一段階で止めることが被害を少なくする上で重要である。このため、ガスの着火源を排除して爆発させないことが必要とされている。

今回はガス爆発防止対策上の基礎資料を得ることを目的とし、各種機器の電気スパークによる着火危険を調べたものである。調査対象としては消防隊員用の携帯無線機を中心とし、他に誘導灯等について実施した。また、従来から着火源となるとされている電気冷蔵庫のスターターリレースイッチ及び開閉スイッチによる若干の補足実験も併せて実施した。

2. 実験場所及び期間

(1) 実験場所

東京消防庁消防科学研究所

(2) 実験期間

昭和55年6月～56年2月

3. 実験装置及び方法

(1) 実験装置

写真1、2に示すように小型、大型の容器を使用した。いずれも容器の前面に内部を透視出来るように厚さ4.5mmの塩化ビニール板を使用し、あと

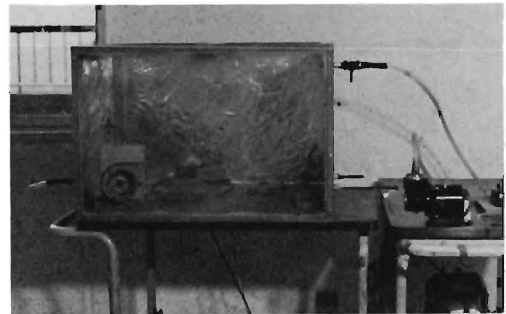


写真1 小型容器

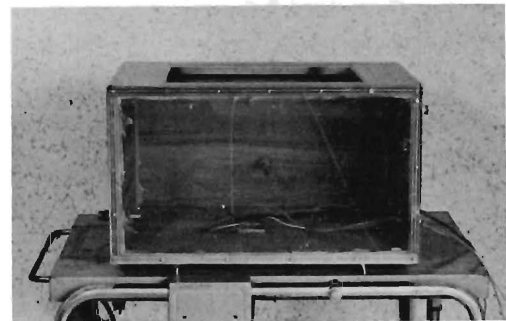


写真2 大型容器

は厚さ15mmの合板を用いた。各寸法は表-1のとおりである。容器の各接合部には気密性を保つた

表1 容器の寸法

	小 型 (写真1)	大 型 (写真2)
高 さ	25 cm	40 cm
横	45 "	60 "
縦	30 "	45 "
開口部	22×31 cm ²	52×40 cm ²

めに内部から接着剤を塗布した。各回の実験の最後に容器内が爆発範囲にあることを点火、爆発によって確認するものとして市販のガス点火器具を

*第一研究室

容器の中心に設置した。容器内の下部にスイッチ等の試験体を設置した。開口部には食品包装用のポリ塩化ビニリデンのフィルムを用いて爆発圧力を外気へ逃がすようにした。ガスについてはあらかじめ計量し、エアポンプで送入了。内部にはまた、混合ガスを攪拌するために電動ファンを設置した。

(2) 使用ガス

プロパンガス(イ号)、都市ガス13A-Oを用いた。各成分及び爆発範囲は表-2のとおりである。

表2 成分表

成分	ガス種別	プロパン (イ号)	都市ガス (13A-O)
CH ₄	メタン	0.2 %	88.09 %
C ₂ H ₆	エタン	—	4.67
C ₃ H ₆	プロピレン	1.5	—
C ₃ H ₈	プロパン	90.0	4.68
C ₄ H ₁₀	ブタン	8.0	2.56
C ₂ H ₄	エチレン	0.3	—
爆発範囲 (空气中 Vol%)		2.2~9.5	4.4~14.2
発熱量		約25,000kcal/m ³	11,129kcal/m ³

(3) 実験方法

計量したガスをエアポンプで容器内に送入り、濃度を均一にするため、電動ファンで攪拌した。攪拌時間は各実験項目によって異なるが20秒~2分間である。実験は各項目について3回実施し、1回の実験について原則として20回を限度にスイッチ類の操作を行なった。

4. 調査対象機器及び性能

実験に用いた試験体の名称及び性能については表-3のとおりである。

5. 実験結果及び考察

実験結果については表-4のとおりである。この表の着火率については各実験についてスイッチの作動数の合計を分母に示し、着火した回数の合計を分子で示したものであり、図1~4ではこれを百分率で表わした。

(1) 各種機器の着火性

各実験の項目において爆発が起こったのは冷蔵

庫のリレースイッチ、電気スイッチ(OFF時)であり、酸素呼吸器、携帯無線機、誘導灯、電気スイッチ(ON時)は爆発が起こらなかった。

(2) ガス濃度による着火率の差

ア、図-1に示すように冷蔵庫リレースイッチを用いた着火実験において、プロパンガスを使用した場合には、濃度4 Vol%から爆発が起こり爆発範囲の上限界近くまで爆発が起こった。高い着火率を示したのは7~9 Vol%であった。

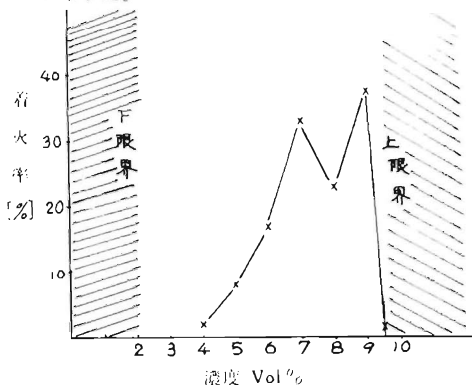


図1 プロパンガスの着火率 (冷蔵庫リレースイッチ)

都市ガスを用いた実験において図-2に示すとおり爆発は8 Vol%から起こり、上限界近くまでであった。高い着火率を示したのは8~11 Vol%の範囲であった。プロパンガス、都市ガスとも下限界近くでは爆発は起こらず、上限界近くでも着火率は低いものであった。

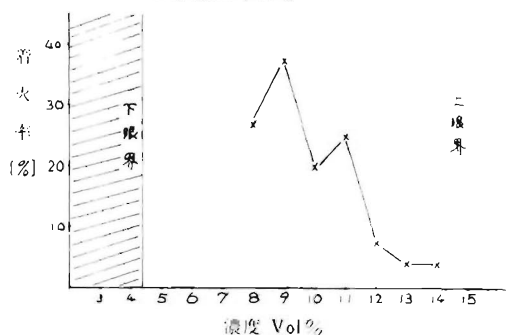
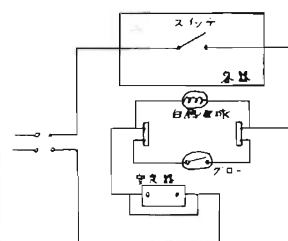
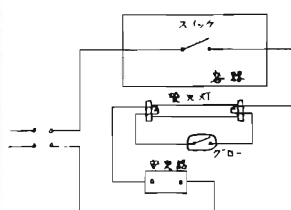


図2 都市ガス(13A-O)の着火率 (冷蔵庫リレースイッチ)

イ、30Wの蛍光灯を負荷として用いた電気スイッチの実験では図-3のとおり、7 Vol%から爆発が起こり、13 Vol%まで高い着火率を示した。下限界近くでは爆発が起こらなかった。

表3 調査対象機器

機種	性能等	調査上の操作方法	その他
冷蔵庫 リレースイッチ	起動電流 6.8A 作動電流 2.7A	電源のON、OFF	写真3
電気スイッチ	2A - 125V 11A - 250V	負荷として蛍光灯と白熱電球を用いた。 回路図は次の通り 蛍光灯	写真4 電球
酸素呼吸器	電池 9V 警報ブザー 13mA 試験ブザー 7.5mA	警報、試験ブザーの連続切替	
携帯無線機 東消 FR-150-5P型	電源電池 12.5V 450mAH 消費電流 待受時 15mA 受信時 50mA 送信時 350mA	電源切替 ON, OFF 通信波切替, A波, B波 送信 受信 スケルチ	
携帯無線機 東消 FR-400P-N型	電源電池 7.2V 450mAH 消費電流 待受時 15mA 受信時 100mA 以下 送信時 420mA 以下	電源切替, ON, OFF 各通信波切替 送信—マイク部, 本体 スケルチ—マイク部, 本体	防水性 5cmの水に入れて24時間経ってから上げたとき浸水しない。又は100cmの水に入れて30分経ってから上げたとき浸水しない。
誘導灯	定格電圧 100V 入力電流 0.25A 入力電力 16W 直流電源 9.6V 1200mAH	電源のON、OFF	写真5



(3) スイッチ部の負荷による着火率の差

負荷として30Wの蛍光灯を用いた場合と、白熱電球を用いた場合を比較してみた。表-3で示したとおり電球を使用した時は回路の安定器を短絡した。表-4のとおり、同じ30Wでも蛍光灯は高

い着火率を示し、白熱電球は爆発が起こらなかった。これは安定器のある回路にあっては電源を切った際に発生する自己誘導性の電圧のため、強いエネルギーを持った火花を発生するからであると考えられる。

表4 実験結果

機 種	ガ ス 種 別	ガ ス 濃 度 Vol%	スイッチ 作 動 別	着火の 有 無	スイッチ作動数と着火回数			
					1	2	3	計
冷 蔵 庫 リレースイッチ	プロパン (イ号)	2.5	ON	×	$\frac{0}{20}$	$\frac{0}{20}$	$\frac{0}{20}$	$\frac{0}{60}$
	"	3.0	"	×	$\frac{0}{20}$	$\frac{0}{20}$	$\frac{0}{20}$	$\frac{0}{60}$
	"	4.0	"	○	$\frac{0}{20}$	$\frac{0}{20}$	$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{54}$
	"	5.0	"	○	$\frac{1}{18}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{3}{38}$
	"	6.0	"	○	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{18}$
	"	7.0	"	○	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{3}{9}$
	"	8.0	"	○	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{3}{13}$
	"	9.0	"	○	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$
	"	9.5	"	○	$\frac{0}{20}$	$\frac{0}{20}$	$\frac{0}{20}$	$\frac{0}{60}$
	都市ガス (13A-O)	5.0	ON	×	$\frac{0}{20}$	$\frac{0}{20}$	$\frac{0}{20}$	$\frac{0}{60}$
	"	6.0	"	×	$\frac{0}{20}$	$\frac{0}{20}$	$\frac{0}{20}$	$\frac{0}{60}$
	"	7.0	"	×	$\frac{1}{20}$	$\frac{0}{20}$	$\frac{0}{20}$	$\frac{0}{60}$
	"	8.0	"	○	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{11}$
	"	9.0	"	○	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{3}{8}$
	"	10.0	"	○	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{15}$
	"	11.0	"	○	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{3}{12}$
	"	12.0	"	○	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{0}{20}$	$\frac{2}{27}$
	"	13.0	"	○	$\frac{1}{4}$	$\frac{0}{20}$	$\frac{0}{20}$	$\frac{1}{44}$
	"	14.0	"	○	$\frac{0}{20}$	$\frac{0}{20}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{44}$
	ス イ ッ チ 負 荷 30W 蛍 光 灯	都市ガス (13A-O)	5.0	OFF	×	$\frac{0}{20}$	$\frac{0}{20}$	$\frac{0}{20}$
"		6.0	"	×	$\frac{0}{20}$	$\frac{0}{20}$	$\frac{0}{20}$	$\frac{0}{60}$
"		7.0	"	○	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{3}{8}$
"		8.0	"	○	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{3}{11}$
"		9.0	"	○	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{3}{7}$
"		10.0	"	○	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{3}{13}$
"		11.0	"	○	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$
"		12.0	"	○	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{3}{14}$
"		13.0	"	○	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$
"		14.0	"	○	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{0}{20}$	$\frac{2}{29}$
ス イ ッ チ 負 荷 60W 蛍 光 灯	都市ガス (13A-O)	10.0	ON	×		計	$\frac{0}{100}$	

機 種	ガ 種 別	濃 度 Vol %	ワット数	スイッチ作動別	着火の有無	1 回	2 回	3 回	計
ス イ ッ チ 負 荷 電 球	都 市 ガ ス (13A-O)	10	100 ^W	OFF	○	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{5}$
	"	"	90	"	○	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{3}{5}$
	"	"	80	"	○	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{5}$
	"	"	70	"	○	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{3}{6}$
	"	"	60	"	○	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{7}$
	"	"	50	"	○	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{7}$
	"	"	40	"	○	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{3}{13}$
	"	"	35	"	○	$\frac{0}{10}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{19}$
	"	"	33	"	○	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{3}{18}$
	"	"	30	"	×	$\frac{0}{10}$	$\frac{0}{10}$	$\frac{0}{10}$	$\frac{0}{30}$
酸 素 呼 吸 器	ガ ス 種 別	ガ ス 濃 度 Vol %	ス イ ッ チ 作 動 別		着 火 の 有 無	ス イ ッ チ 作 動 数 と 着 火 回 数			
	都 市 ガ ス (13A-O)	10	試 験 プ ザ ー、 警 報 プ ザ ー 連 続 切 替		×	計 $\frac{0}{1000}$			
携 帯 無 線 機 東 消 FR-150-5P 型	"	"	断 ←→ A 波、 B 波		×	計 $\frac{0}{1000}$			
	"	"	発 信 の 断 続		×	計 $\frac{0}{1000}$			
	"	"	受 信 時		×	計 $\frac{0}{1000}$			
	"	"	ス ケ ル チ		×	計 $\frac{0}{1000}$			
携 帯 無 線 機 東 消 FR-400P-N 型	"	"	断 ←→ 各 波		×	計 $\frac{0}{1000}$			
	"	"	マ イ ク 部 発 信 の 断 続		×	計 $\frac{0}{1000}$			
	"	"	マ イ ク 部 ス ケ ル チ		×	計 $\frac{0}{1000}$			
	"	"	本 体 発 信 の 断 続		×	計 $\frac{0}{1000}$			
誘 導 灯	"	"	電 源 の ON・OFF 連 続 切 替		×	計 $\frac{0}{1000}$			

注) スイッチ作動数と着火回数で18は18回目のスイッチ作動で爆発があったことを表す。

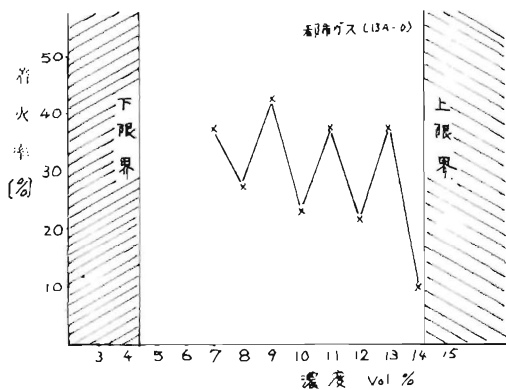


図 3 30Wの螢光灯を負荷とした電気スイッチの着火率

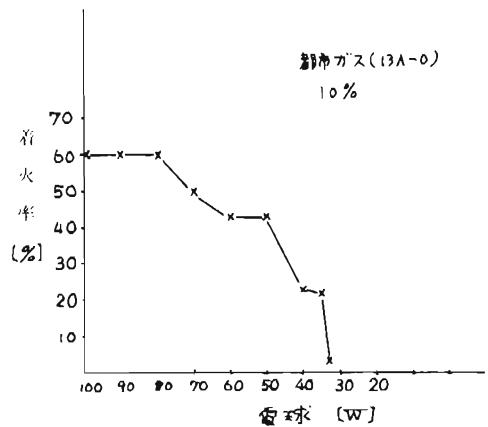


図 4 電球による着火率

(4) 安全性の判断について

爆発には種々の要素—混合気の圧力、温度、混合気中の成分濃度、及び接点部の形状、間隔、回路の性質等々—が関係しているのであり、また爆発は確率的な現象であると言われている。とくに接点部において発生する火花が文献等に示される最小発火エネルギーを超えていても爆発が起こるとは言えない。したがって安全性の判断は困難である。

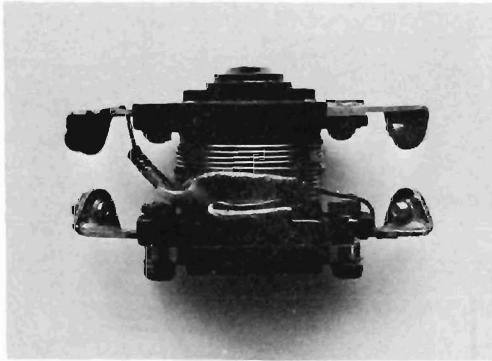


写真3 冷蔵庫リレースイッチ

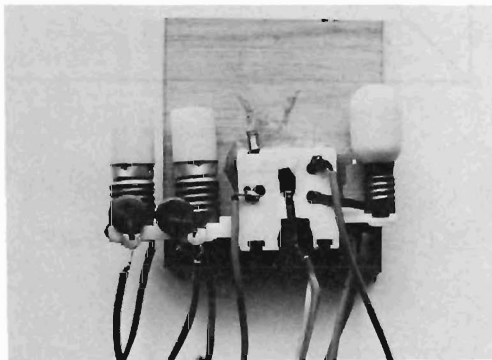


写真4 電気スイッチ

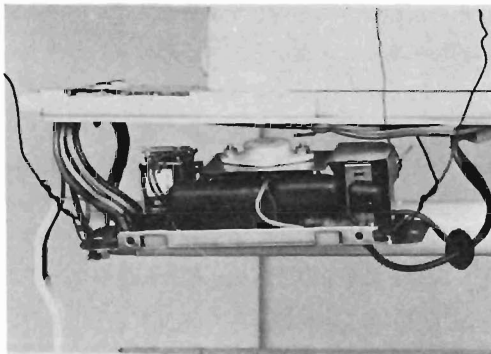


写真5 誘導灯

6. おわりに

今回の調査では、ガス漏えい場所における機器の一部についての爆発危険評価の基礎資料を得ることができた。この中で、誘導灯は消防隊員が安全確保のため外部から電路を切断した場合の安全性を検討したものであり、また、携帯無線機は当局「消防活動指針」に火花を発するおそれがある機器として使用が禁止されているものである。いずれも今回の調査では爆発の発生は無かった。しかしながらこの結果は、限定された方法での評価であり、必ずしも安全であるとは評価したものではない。また、携帯無線機等、消防隊員が操作するものについての使用上の安全評価には、落下、接触等の操作上の動作、着衣の静電気帯電による放電等の危険性についても検討する必要があると考えている。

本調査には、通信課無線係の方にご協力いただいた。ここに記して謝意を表す。

7. 参考文献

- (1) 井上二郎、東京ガス「住宅におけるガス爆発」火災学会協議会（1980）
- (2) 私田一雄「最小発火エネルギーと消炎距離」安全工学 Vol 7, No. 4（1968）
- (3) 北川徹三「化学安全工学」日刊工業新聞社、（1981）
- (4) 秋田一雄、高压ガス、「燃焼と爆発入門」Vol 14, No. 9（1977）
- (5) 平野敏右「現象面からみた爆発」安全工学、Vol 19, No. 1（1980）
- (6) 秋田一雄「発火—その形式としくみ」安全工学、Vol 19, No. 1（1980）