

JAERI - M
83-023

ハロンガスの絶縁破壊電圧特性

1983年2月

鈴木 國弘

JAERI-Mレポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。
入手の問合わせは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしてください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

JAERI-M reports are issued irregularly.
Inquiries about availability of the reports should be addressed to Information Section, Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-11, Japan.

©Japan Atomic Energy Research Institute, 1983

編集兼発行 日本原子力研究所
印 刷 いばらき印刷(株)

ハロンガスの絶縁破壊電圧特性

日本原子力研究所東海研究所大型トカマク開発部

鈴木 國弘

(1983年1月28日 受理)

ハロンガスは優れた消火能力に加えて絶縁破壊電圧も高いことから、電気火災に対する有効な消火剤と考えられ、JT-60において重点的に導入されている。

そこで種々の環境下でのハロンガスの絶縁破壊電圧特性を測定し、電気火災に対するハロンガスの有効性を確認することが重要である。本報告に述べる実験において、ハロンガスと空気の混合気体の絶縁破壊電圧はハロンガス濃度の上昇に伴って高くなり、かつケーブルの燃焼煙やハロンガス熱分解生成物にも影響を受けないことが明らかとなった。

Electric Breakdown Property of Halon Gas

Kunihiro SUZUKI

Division of Large Tokamak Development,
Tokai Research Establishment, JAERI
(Received January 28, 1983)

The Halon gas fire-protection facilities are effective against electric fire accidents because of the high electric breakdown voltage as well as of the significant fire-extinguishing performance. Hence the Halon gas fire-extinguishing system is introduced widely in JT-60. Experiments were undertaken to investigate the electric property of Halon gas under various conditions which may appear in the actual electric fire accidents. Results show that the breakdown voltage of the mixture gas of Halon gas and that air is fairly proportional to the Halon gas concentration. The breakdown voltage is not influenced by smoke from burning cables and by decomposition products of Halon gas.

Keywords: JT-60, Electric Breakdown, Halon Gas, Fire-extinguishing System,
Electric Fire Accidents, Cable

目 次

1. はじめに.....	1
2. 実験方法.....	2
2.1 実験概要.....	2
2.2 実験装置.....	2
2.3 測定方法.....	3
3. 実験結果.....	4
3.1 ハロンガス濃度と絶縁破壊電圧の関係.....	4
3.2 ケーブル燃焼煙, およびハロンガス熱分解生成物の絶縁破壊電圧に及ぼす影響.....	4
4. まとめ.....	7
謝 辞.....	7
参考資料.....	7
付 録 ハロンガスの物理, 化学特性.....	8

Contents

1. Introduction	1
2. Experimental Method	2
2.1 Outline	2
2.2 Apparatus	2
2.3 Measurements	3
3. Experimental Results	4
3.1 Relations between Halon gas concentration and breakdown voltage ..	4
3.2 Influences of smoke from burning cables and decomposition products of Halon gas on breakdown voltage	4
4. Conclusions	7
Acknowledgement	7
References	7
Appendix; Physical and Chemical Properties of Halon Gas	8

1. はじめに

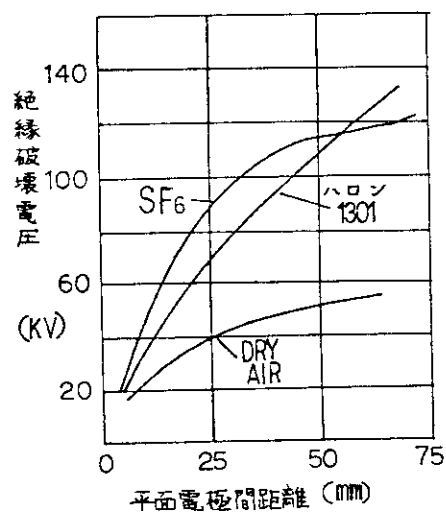
JT-60では、その中樞を成す実験棟本体室をはじめ、各所にハロンガス消火設備を導入している。

ハロンガス（ハロン 1301, CF_3Br ）は、分子中のフッ素原子が分子の表面を覆っているうえ電気陰性度も大きいので、空間自由電子を分子に引きつけてその移動を防ぐため（負性気体）、電気抵抗が大きく絶縁破壊電圧も高い。⁽¹⁾ハロンガスは第1図に示すように、負性気体の代表的なものとして知られる SF_6 ガスと比較しても、ほぼこれに匹敵する絶縁耐力を有しており、電気機械で発生する恐れの高いアーク等による電気火災、あるいはケーブル火災に対して有効な消火剤であるといえる。

純粋ガスの特性がこのような優れたものであることは良く知られているが、現実の火災においては、ハロンガスは空気との混合気体となるうえ、ケーブルなどの火災による煙、およびハロンガス熱分解生成物（HF, HBr など）と混在した状態になり、ハロンガスの電気特性、特に絶縁破壊特性に影響を及ぼす可能性がある。⁽³⁾

従来ハロンガスの電気特性に関するデータは純粋ガスのものが多く、上記のような現実の火災状態でのものは少ない。そこで、ここでは実際の火災におけるハロンガスの使用に近い状態を模擬し、その状態でのハロンガスの絶縁破壊特性を測定する実験を行った。

第2章には実験方法を、また第3章には一連の実験結果とそれに対する検討を述べ、第4章において本実験によって得られた成果をまとめた。なお、ハロンガスの物理的あるいは化学的特性については、本報告の最後にまとめて付録とした。



第1図 75mm ϕ 平面電極間、大気圧におけるハロンガスおよび SF_6 の絶縁破壊電圧の比較

2. 実験方法

2.1 実験概要

実験では、①ハロンガス濃度、②ケーブル燃焼煙およびハロンガス熱分解生成物が混入した状態でのハロンガス濃度、および③ケーブル燃焼煙濃度を变化させた場合の絶縁破壊電圧の変化を測定する。測定した結果と空気中での絶縁破壊電圧の比較から、実際の火災におけるハロンガスの絶縁特性の変化を考察し、電気火災におけるハロンガスの有効性を確認する。

実験パターンは第1表に示すように5種類のパターンに分けて行った。実験No.1, 2, 3が空気

第1表 実験パターン

実験No.	実験内容	ハロンガス濃度(%)	電極間隔(mm)	備考
1	ハロンガス濃度を变化させた場合の絶縁破壊電圧の変化を測定する。	0~40	13	
2	同上	0~55	7.5	
3	同上	0~7	13	
4	ケーブル燃焼煙およびハロンガス熱分解生成物が混入した状態で、ハロンガス濃度を増減させた場合の絶縁破壊電圧の変化を測定する。	0~20	13	煙濃度 10~30%/m
5	ケーブル燃焼煙濃度を变化させた場合の絶縁破壊電圧の変化を測定する。	0	13	煙濃度 0~53%/m

中のハロンガス濃度を变化させた場合であり、実験No.4はケーブル燃焼煙とハロンガス熱分解生成物が混入した場合、さらに実験No.5は燃焼煙濃度を变化させた場合の実験である。

2.2 実験装置

(1) 実験箱

内容積約 1 m^3 ($1\text{ m} \times 1\text{ m} \times 1\text{ m}$)の、内部が観察できる密閉性の良い木箱を使用し、ハロンガスなどが所定の濃度で充填できるようにし、濃度が一定となるようにファンによって箱内を攪拌した。

(2) 電源設備

30KV, 1mAの直流電圧発生装置、ならびに直径 $0.3\text{ mm}\phi$ のステンレス製針状電極を使用し、電極間隔は実験に応じて適宜調整した。

(3) 燃焼装置

ケーブルの燃焼による煙、およびハロンガス消火後の熱分解発生ガスなどによる放電電圧の変化を測定するために、実験箱内部の下方に電熱器を設置してケーブルを燃焼できるようにした。燃焼させるケーブルは、電気機器に最も良く用いられるPVCケーブルとした。

(4) 攪拌装置

実験箱中のハロンガス、およびケーブルの燃焼による煙などの濃度を均一化するために、実験箱内部の下方に攪拌用のファンを設置した。

2.3 測定方法

(1) 測定機器

実験での測定項目および使用した計測器の仕様を第2表に示す。それぞれの計測器は別途校正済のものを使用した。

第2表 測定機器と性能

測定項目	測定機器	性能	台数
ハロンガス濃度	ラウターガス分析計	ハロンガス濃度 0~30%	2
	光干渉式ハロンガス濃度計	ハロンガス濃度 0~30%	1
絶縁破壊電圧	電圧計(電圧発生装置に内蔵)	0~30 KV	1
	スパーク感知器	紫外線検出, ブザー内蔵	1
煙濃度	減光式煙濃度計	光路長 1 m	1

(2) 測定方法

a. ハロンガス濃度測定

ハロンガス濃度の測定は、実験箱内の針状電極の近傍からハロンガス濃度計まで直径16 mm ϕ のビニルパイプを延長し、濃度計内蔵のポンプで実験箱内の大気を吸引して測定した。なおハロンガス濃度は体積比(vol%)である。

また、本実験で使用したハロンガス濃度計は濃度30%までしか測定できないため、30%を超える濃度の場合は、実験箱内から500 mlの大型注射器を用いて大気をサンプルし、空気による希釈を行った後で濃度を測定し、希釈度の計算からハロンガス濃度を求めた。

b. 放電電圧

絶縁破壊電圧の測定は、針状電極が火花放電して放電電流が流れる際の最大印加電圧を電圧計から読み取った。なお、放電開始を予測するために、作動時にブザー音を発するスパーク感知器を実験箱内の電極近傍に設置した。

c. 煙濃度

ケーブル燃焼時に発生する煙の濃度は、減光式煙濃度計を実験箱内上部に設置し、光が1 m進む間に煙により何%減光されるかを測定して煙濃度(%/m)とした。

3. 実験結果

3.1 ハロンガス濃度と絶縁破壊電圧の関係

ハロンガスと空気との混合気体中における絶縁破壊電圧は第2図に示すように、ハロンガス濃度の上昇に伴って高くなる。なお、実験箱内の温度、湿度条件についてはそれぞれ図中に記載したとおりである。10%以上の濃度領域においては、ハロン濃度と絶縁破壊電圧の関係は極めて直線的であり、ハロンガスの絶縁性の高さを顕著に表わしたものとなった。本実験で得られた直線関係をハロン濃度100%にまで外挿すれば、電極間隔13mmの場合純粋ハロンガスの絶縁破壊電圧は約50KVとなり、空気のみよりのときの絶縁破壊電圧15KVの3倍以上となる。

一方、第3図に示すように、低濃度領域ではハロンガス濃度と絶縁破壊電圧の間に直線関係はなく、ごく微量(～1%)のハロンガスの添加により、放電破壊電圧が約20%も上昇する。約3.5%の濃度を境として濃度と絶縁破壊電圧の関係に違いが見られる。消防法の規定するハロンガス濃度約5%においては、空気の1.25倍の絶縁耐力を持つことが示されている。

3.2 ケーブル燃焼煙およびハロンガス熱分解生成物の絶縁破壊電圧に及ぼす影響

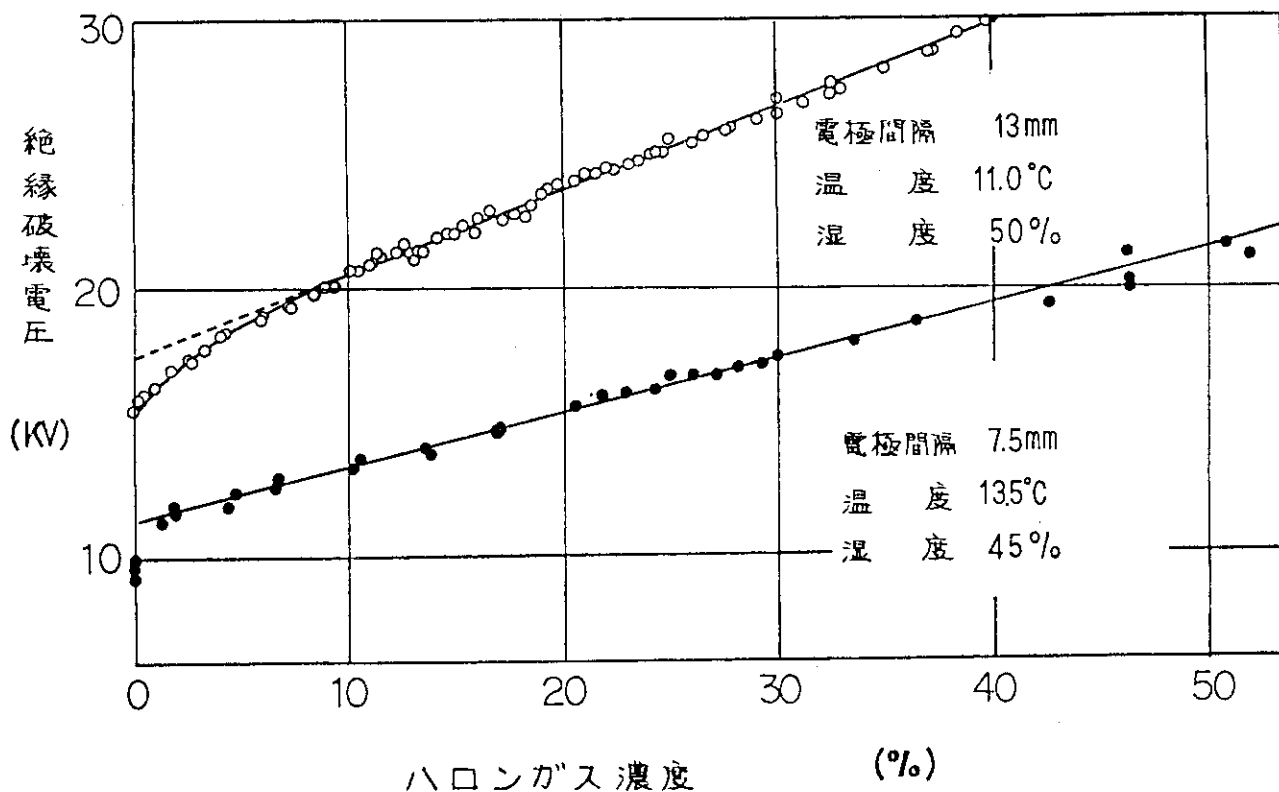
ケーブルの燃焼では、不完全燃焼によるスス、および塩素(Cl_2)、塩化水素(HCl)等が発生する。また、ハロンガスは、付録に示すように通常約500°Cから熱分解を始め、フッ化水素(HF)、臭化水素(HBr)を生成する。火災状態ではこれらがハロンガスに混入し、ハロンガスの絶縁性に悪影響を及ぼすものと予想される。⁽³⁾

しかし、第4図に示すように、ケーブル燃焼煙中での絶縁破壊電圧は、40%/m程度の煙濃度までは空気とほとんど同じであり、50%/mの煙濃度を超えると急速に絶縁耐力が低下することが判明した。

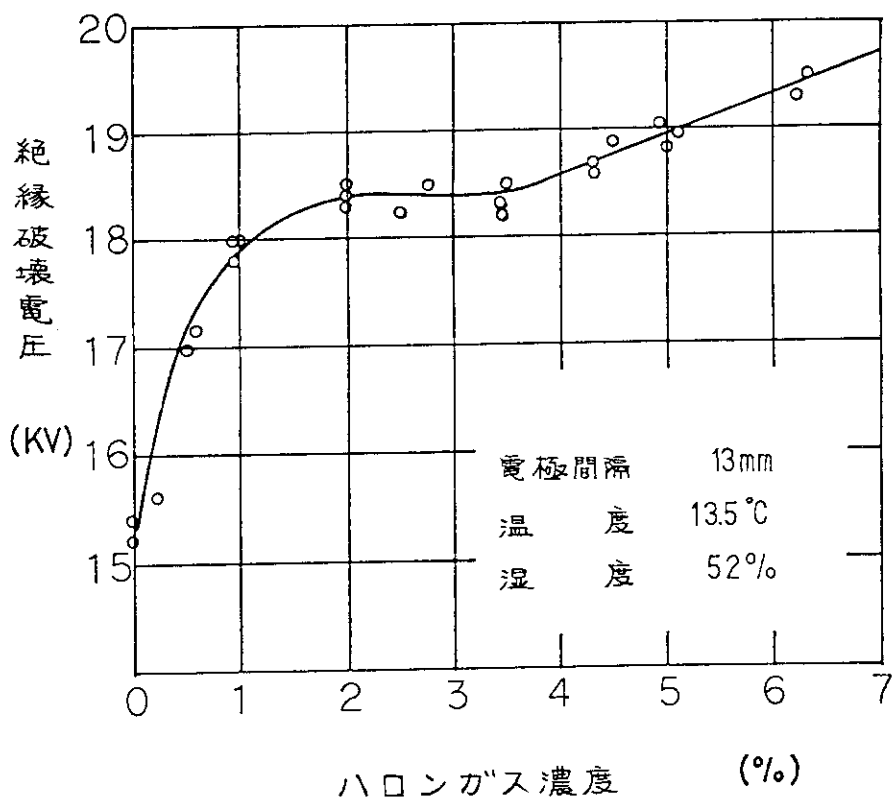
一方、第5図に示すように、ケーブル燃焼煙およびハロンガス熱分解生成物がハロンガス中に混入した状態での絶縁破壊電圧は、煙や熱分解生成物が無い場合と比較して有意な差を確認できなかった。この場合、煙濃度は30%以下なので、第4図の結果からも明らかなように絶縁破壊電圧への影響は元々ないと考えられる。また、ハロンガス熱分解生成物については、付録に示されているように火焰や燃焼範囲が大きい場合に多く発生するが、今回実験で用いたPVCケーブルは着火しにくく燻焼状態に近いこともあって、熱分解生成物の発生が少なかった可能性もある。

○ 実験 No. 1

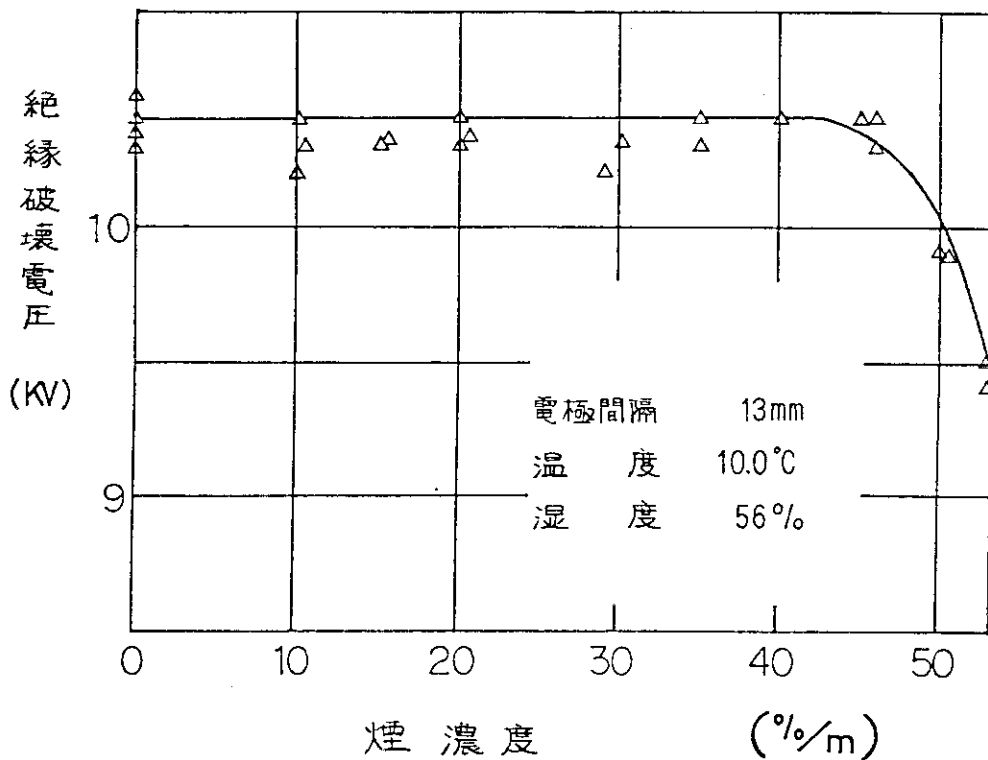
● 実験 No. 2



第2図 ハロンガスの絶縁破壊電圧特性

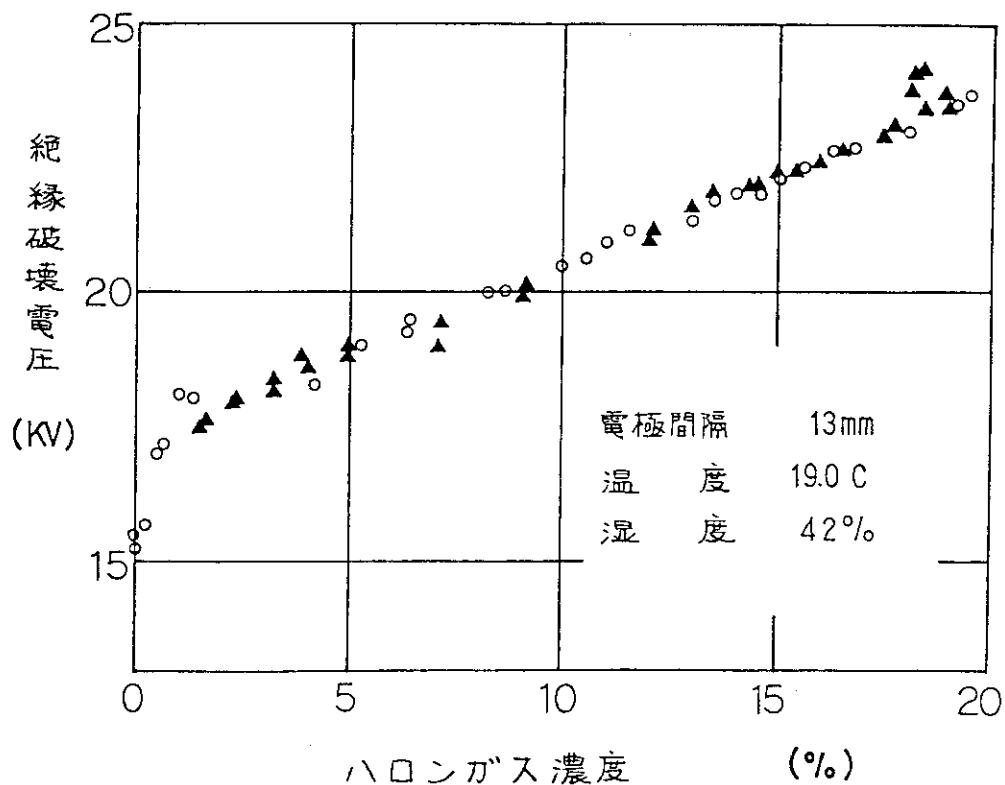


第3図 ハロンガスの絶縁破壊電圧特性 (低濃度領域)



第4図 ケーブル燃焼煙の絶縁破壊電圧特性

- ▲ ハロンガス+ハロンガス熱分解生成物+ケーブル燃焼煙の混合気体中 (燃焼煙濃度は10~30%/m)
- ハロンガス+空気 (煙の無い場合)



第5図 ケーブル燃焼煙およびハロンガス熱分解生成物混入時のハロンガス絶縁破壊電圧特性

4. ま と め

今回の実験で明らかとなったハロンガスの電気特性をまとめると以下のとおりである。

- (1) ハロンガスと空気の混合気体中における絶縁破壊電圧は、数%以下の低濃度領域を除いてハロンガス濃度の上昇に伴って直線関係をもって高くなる。
- (2) 低濃度領域では、ハロンガス濃度と絶縁破壊電圧との間に直線関係はなく、ごく微量（～1%）のハロンガスの添加によって空気の絶縁破壊電圧は20%上昇する。
- (3) 消防法の規定に沿ったハロンガス濃度（約5%）においては、絶縁破壊電圧は空気の1.25倍となる。
- (4) PVCケーブル燃焼煙は、40%/m以下の煙濃度の空気中では絶縁破壊電圧に影響を与えないが、50%/m以上になると絶縁破壊電圧が急速に低下する。
- (5) ハロンガス熱分解生成物が混入していても、絶縁破壊電圧にほとんど影響を与えない。

謝 辞

実験を行うに際し御協力をいただいた、開発電気(株)中島信治氏、および能美防災工業(株)の関係者各位に御礼を申し上げます。また、本研究の遂行にあたり、大型トカマク開発部 苫米地頭部長、同吉川允二次長、同平岡徹 JT-60 計画室長、同岸本浩 JT-60 計画室長代理、および建設部 中山操課長より終始御懇切な御指導、御鞭撻を賜りました。厚く御礼申し上げます。

参考資料

- (1) 宅間 薫；電気学会雑誌，101，No.8，35（1981）
- (2) 米谷 穰，佐古純一；電気絶縁材料としてのフッ素化合物，“フッ素化合物の最先端応用技術”，シーエムシー，101，（1981）
- (3) R. R. Cholin：Fire Journal；66，No.5，19（1972）

4. ま と め

今回の実験で明らかとなったハロンガスの電気特性をまとめると以下のとおりである。

- (1) ハロンガスと空気の混合気体中における絶縁破壊電圧は、数%以下の低濃度領域を除いてハロンガス濃度の上昇に伴って直線関係をもって高くなる。
- (2) 低濃度領域では、ハロンガス濃度と絶縁破壊電圧との間に直線関係はなく、ごく微量(～1%)のハロンガスの添加によって空気の絶縁破壊電圧は20%上昇する。
- (3) 消防法の規定に沿ったハロンガス濃度(約5%)においては、絶縁破壊電圧は空気の1.25倍となる。
- (4) PVCケーブル燃焼煙は、40%/m以下の煙濃度の空気中では絶縁破壊電圧に影響を与えないが、50%/m以上になると絶縁破壊電圧が急速に低下する。
- (5) ハロンガス熱分解生成物が混入していても、絶縁破壊電圧にほとんど影響を与えない。

謝 辞

実験を行うに際し御協力をいただいた、開発電気(株)中島信治氏、および能美防災工業(株)の関係者各位に御礼を申し上げます。また、本研究の遂行にあたり、大型トカマク開発部 苫米地頭部長、同吉川允二次長、同平岡徹 JT-60 計画室長、同岸本浩 JT-60 計画室長代理、および建設部 中山操課長より終始御懇切な御指導、御鞭撻を賜りました。厚く御礼申し上げます。

参考資料

- (1) 宅間 薫；電気学会雑誌，101，No.8，35（1981）
- (2) 米谷 穰，佐古純一；電気絶縁材料としてのフッ素化合物，“フッ素化合物の最先端応用技術”，シーエムシー，101，（1981）
- (3) R. R. Cholin：Fire Journal；66，No.5，19（1972）

4. ま と め

今回の実験で明らかとなったハロンガスの電気特性をまとめると以下のとおりである。

- (1) ハロンガスと空気の混合気体中における絶縁破壊電圧は、数%以下の低濃度領域を除いてハロンガス濃度の上昇に伴って直線関係をもって高くなる。
- (2) 低濃度領域では、ハロンガス濃度と絶縁破壊電圧との間に直線関係はなく、ごく微量(～1%)のハロンガスの添加によって空気の絶縁破壊電圧は20%上昇する。
- (3) 消防法の規定に沿ったハロンガス濃度(約5%)においては、絶縁破壊電圧は空気の1.25倍となる。
- (4) PVCケーブル燃焼煙は、40%/m以下の煙濃度の空気中では絶縁破壊電圧に影響を与えないが、50%/m以上になると絶縁破壊電圧が急速に低下する。
- (5) ハロンガス熱分解生成物が混入していても、絶縁破壊電圧にほとんど影響を与えない。

謝 辞

実験を行うに際し御協力をいただいた、開発電気係中島信治氏、および能美防災工業㈱の関係者各位に御礼を申し上げます。また、本研究の遂行にあたり、大型トカマク開発部 苫米地頭部長、同吉川允二次長、同平岡徹 JT-60 計画室長、同岸本浩 JT-60 計画室長代理、および建設部 中山操課長より終始御懇切な御指導、御鞭撻を賜りました。厚く御礼申し上げます。

参考資料

- (1) 宅間 薫；電気学会雑誌，101，No.8，35（1981）
- (2) 米谷 稔，佐古純一；電気絶縁材料としてのフッ素化合物，“フッ素化合物の最先端応用技術”，シーエムシー，101，（1981）
- (3) R. R. Cholin：Fire Journal；66，No.5，19（1972）

付 録 ハロンガスの物理、化学特性

1. ハロンガスの物性値

第 A・1 表に示す。

第 A・1 ハロンガス (ハロン 1301) の物性値

化 学 名	モノブロモトリフルオロメタン Monobromotrifluoromethane
化 学 式	CF ₃ Br
構 造 式	$\begin{array}{c} \text{F} \\ \\ \text{F}-\text{C}-\text{Br} \\ \\ \text{F} \end{array}$
分 子 量	148.9
沸 点 (1 atm)	-57.8°C
融 点	-168°C
密 度 (1 liq 25°C)	1.54g/cm ³
(gas 沸点)	8.7 g/ℓ
粘 度 (1 liq 25°C)	0.16 c. p.
表面張力 (1 liq 25°C)	4 dynes/cm
臨 界 温 度	67.0°C
臨 界 圧 力	39.1 atm
臨 界 密 度	0.754 g/cm ³
蒸発潜熱 (沸点)	28.4 cal/g
比熱 (1 liq 25°C)	0.208 cal/g·deg
(gas 1 atm 25°C)	0.112 cal/g·deg
熱伝導度×10 ⁴ (1 liq 25°C)	1.03 cal/cm·sec·deg
発生ガス量 (1 atm, 25°C)	162 ℓ/kg

2. ハロンガス熱分解生成物の発生量

ハロンガス (ハロン 1301) は、通常約 500°C から熱分解を始め、フッ化水素 (HF)、臭化水素 (HBr) などを生成する。熱分解生成物の発生量は、消火に要する時間が長くなり、また燃焼規模が大きくなると増大する。

消火所要時間と熱分解生成物濃度の関係を第 A・2 表に、また燃焼規模と熱分解生成物濃度の関係を第 A・3 表に示す。

第A・2表 消火所要時間とハロンガス熱分解生成物発生量の関係

ハロン-1301 放射の時期	消火所要時間 (sec)	熱分解生成物濃度 (ppm)	
		HF	HBr
着火直後	5.8	12.8	4.4
	36.8	108	12
着火30秒後	24.5	230	59

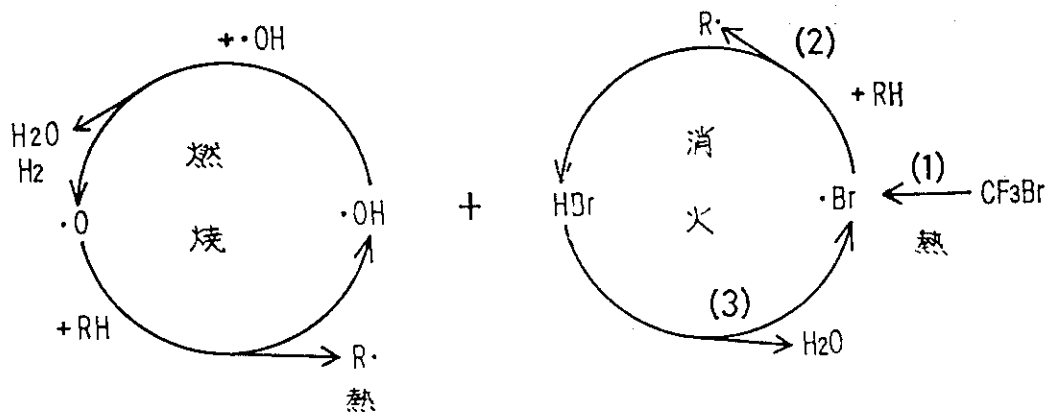
第A・3 燃焼規模とハロンガス熱分解生成物発生量の関係

燃焼皿面積 (cm ²)	消火所要時間 (sec)	熱分解生成物濃度 (ppm)	
		HF	HBr
93	4.0	<0.1	2.9
930	5.8	12.8	4.4
9300	5.2	320	38

3. ハロンガスの消火能力

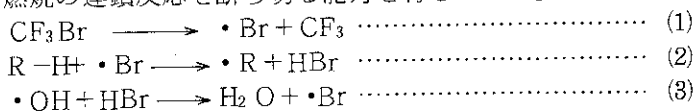
(1) ハロンガスの消火原理

ハロンガスによる消火原理は負の触媒作用による。第A・1図に消火原理を模式的に示す。



第A・1図 ハロンガスの消火原理

ハロンガスはその熱分解生成物である臭素ラジカル ($\cdot\text{Br}$) の化学反応により、燃焼に不可欠な $\cdot\text{OH}$ を水 (H_2O) と $\cdot\text{Br}$ にかえ、燃焼の連鎖反応を断ち切る能力を有している。



(2) ハロンガスの消火能力

ハロン1301を100とした場合の各消火剤との消火能力比較を第A・4表に示す。また、ハロンガス(ハロン1301)と二酸化炭素との消火濃度比較を第A・5表に示す。

第A・4表 単位量当りの各消火剤の消火能力比較（ハロン1301を100とした場合）

消 火 剤 名	*能 力
ハロン1301〔CBrF ₃ 〕	100
ハロン1202〔CBr ₂ F ₂ 〕	67
ドライケミカル	66
一塩化一臭化メタン（CB）	45
四塩化炭素〔CCl ₄ 〕	34
二酸化炭素〔CO ₂ 〕	33

（注）ハロンガスは消火能力が大きいうえに消火剤使用量も少なくてすむため、実際の消火能力は二酸化炭素の6～8倍となる。

第A・5表 各燃焼物の消火に必要なハロンガス（ハロン1301）と二酸化炭素の濃度比較

燃 焼 物	消火に必要なハロンガス濃度（%）	消火に必要な二酸化炭素濃度（%）
ブ タ ン	3.3	28
二 硫 化 炭 素	12	55
一 酸 化 炭 素	1.0	53
エ タ ン	3.3	44
エ タ ノ ー ル	4.0	36
プ ロ パ ン	3.2	30

4. ハロンガスの毒性

ハロンガスは毒性が低く安全な消火剤ではある。しかし高濃度になると中枢神経と心臓に対する障害があるが、新鮮な空気を吸入することにより速やかに回復する。

ハロンガスと種々のガスの毒性強さの比較を第A・6表に、また、ハロンガス（ハロン1301）の動物および人体に対する影響をそれぞれ第A・7表および第A・8表に示す。

第A・6表 種々のガスの毒性強さの比較

No.	毒性の強さ	品 種
1	20vol. %のガス中に2時間暴露して危険のないこと。	ハロン-1301
2	No.3より毒性が小さくNo.1より大きい。	ハロン-2402, ハロン-1211 炭酸ガス
3	1.5~2vol. %のガス中に2時間暴露すると死亡または大きな危険がある。	メチルクロライド
4	1.5~2vol. %のガス中に1時間暴露すると死亡または大きな危険がある。	一塩化一臭化メタン (CB) 四塩化炭素
5	0.5~1 vol. %のガス中に30分間暴露すると死亡または大きな危険がある。	アンモニア 臭化メタン
6	0.5~1 vol. %のガス中に5分間暴露したとき死亡または大きな危険がある。	亜硫酸ガス

第A・7表 ハロンガス (ハロン 1301) の動物に対する影響

ハロン-1301濃度	暴露時間	動物	影 響
20vol. %	2時間	モルモット	毒性を示すような徴候はなかった。
50vol. %	2時間/日×15日	マウス, ラット モルモット	毒性を示すような徴候はなかった。
10, 15, 20vol. %	2時間	猿, 兎, ラット モルモット	血液異常なし, 組織学的変化なし。
2.3vol. %	6時間/日×5日 /週×18週間	犬, ラット	臨床学的な慢性症状はない呼吸器での軽いうっ血があった。
50vol. %	2時間	マウス	機能が減退し, 呼吸は緩慢で深くなる。死亡なし。
50vol. %	2時間	モルモット	初期にわずかに機能異常があるがその後正常になる。死亡なし。
80vol. % (残20%酸素)	2時間	兎	眼球突出, 散瞳, 振頭, 粗痺れんなどあるが死亡なし。
80vol. % (残20%酸素)	2時間	ラット	嗜眠, 歩態困難になる。死亡なし。

第A・8表 ハロンガス（ハロン 1301）の人体に対する影響

ハロン-1301濃度	暴露時間	影 響
6vol. %	3 分	軽い知覚異常，目まい，心搏数増加，心電図は変化なし。
9vol. %	3 分	不快な目まい，心搏数増加，心電図は変化なし。
10vol. %	1 分	軽い目まいと知覚異常，心電図丁波が低くなる。血圧が下る。引き続き連続暴露に耐えられる感じがある。
12および15 vol. %	1 分	激しい目まいと知覚異常，心電図丁波が低くなる。1分以上は暴露に耐えられない。暴露中止後1～5分で回復する。
1, 3, 5, 7, 10vol. %	3～3.5分	1～5%，影響はほとんどない。 7, 10%の時バランスおよび反射時間に変化が生ずる。頭が軽く感じる。暴露中止後すぐ快復する。10%では暴露の継続に耐えられない感じがする。
5vol. %	20～25分	1名は作業能力の低下があり，3名は全く影響がない。全般的には判断力，作業正確度にやゝ低下がみられる。
10vol. %	20～25分	判断力，注意力，作業正確度に低下がある。

5. ハロンガス熱分解生成物の毒性

ハロンガス熱分解生成物（HF，HBrなど）の人体に対する影響を第A・9表に示す。

第A・9表 ハロンガス熱分解生成物であるHF，およびHBrの人体に対する影響

熱分解生成物	濃度 (ppm)	影 響
HF (フッ化水素)	3	覚知可能，1日8時間，1週間5日間の暴露で影響なし。
	30	目鼻に痛みを感じる，数分間耐えられる。
	60	目鼻がひどく痛む
	100 以下	暴露時間が短い場合は安全
	100 以上	危 険
HBr (フッ化臭素)	3	鼻，咽喉部に痛みを感じる。
	3 以上	目が痛む
	5	恕限度

なお，本付録に示す資料は，ニッタン㈱「JT-60 ハロン 1301 消火設備設計上検討資料」からの抜萃である。