

# 天ぷら油火災における強化液消火器（アルカリ性 消火薬剤及び中性薬剤）の消火比較実験について

Comparison of Fire Extinguishing Agents for Putting out Fat Pan Fires

薩 佐 之 久\*  
鈴 木 豊\*\*

## 概 要

天ぷら油火災には、強化液消火器（アルカリ性消火薬剤）が最も効果的であることが判っているが、これに対し強化液消火器（中性薬剤）の場合は一旦、火が消えてもすぐに再燃する場合や、即座に消火できないことがあると言われており、今回は3リットル型強化液消火器の消火効果を実験を通して比較確認し、今後の都民指導等に活用していくことを目的に実験を行った。

主な結果は次のとおりである。

1. 中性薬剤はアルカリ性薬剤に比較して消火時に火炎の拡大を生じる。この火炎の拡大や消火時の吹き返しが、直接周囲の可燃物を燃焼させる危険性がある。
2. 消火器の操作時には、間欠放射は避け、必ず連続放射することが大切である。
3. 赤外線撮像装置による観察では、中性薬剤放射時に炎の拡大や吹き返しによる高温流が天井を這い、台所等と他の用途との境にある垂れ壁に衝突し、消火者の背後を襲う回り込み現象が観察された。

A loaded stream fire extinguisher with alkaline agent is recommended to put out a fat pan fire by the fire department.

Recently the alkaline agent has been replaced by the environment friendly neutral agent.

To clarify the fire extinguishing performance between the two agents, tests were made for putting out fat pan fires.

The results were as follows.

1. Neutral agent could spread the flame and cause to burn materials nearby
2. When the agent is released intermittently, it could cause to spread fire. The agent should be released continuously.
3. It was observed through the infrared picture analyser that a hot air from the fire could circulate the room along the ceiling and the wall and could hit the person from behind who released the agent to the fire.

## 1. はじめに

本来、強化液消火薬剤は、pHがおおよそ13の強アルカリ性であるが、近年従来のものほかにpHが7程度の中性に近い薬剤の強化液消火器が販売されるようになった。

この中性薬剤は、目などに入っても刺激が少な

いことや金属に対する腐食性が少ないなどの利点が上げられる。

今回はこの3ℓ型強化液消火器のアルカリ性及び中性薬剤の両方の消火効果を実験を通し比較確認した。

## 2. 観察内容

- (1) 点火から発火に至るまでの天ぷら油の温度曲線
- (2) 発火してから炎が100cmに達するまでの時間

\*第二研究室 \*\*滝野川消防署

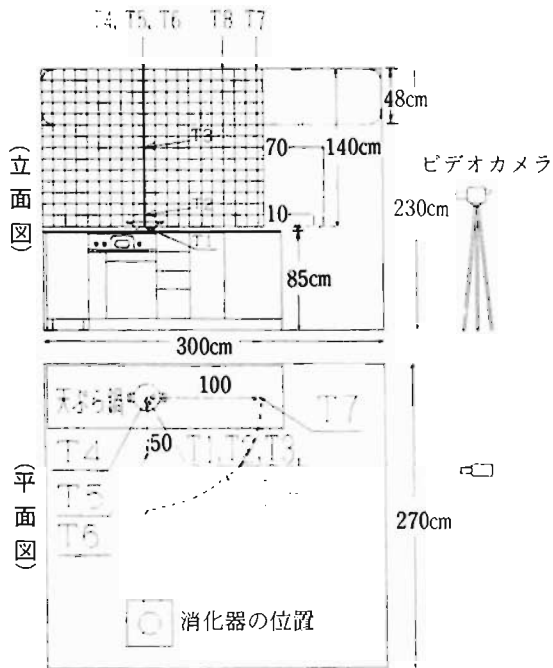
- (3) 消火終了までの各熱電対の位置における温度測定と比較
- (4) 薬剤放射時間(量)による消火成功、不成功の比較
- (5) 消火薬剤放射時の炎の拡大の比較
- (6) 消火者の体感

### 3. 実験装置

#### (1) 模擬ハウス

実験用模擬ハウスを燃焼実験室内に設け、図1のようにほぼ5畳間に近い一般家庭の台所を想定して製作した。

前面と右側面を開放とし、実験中の状況が観測し易いようにし、この部分に天井から48cmの垂れ壁を設けた。



\* T1～T8：温度測定ヶ所(熱電対設置位置)

図1 実験用模擬ハウス

#### (2) 実験器材

##### ア 加熱機器

図1に示すように床面からの高さが85cmの位置に2口ガスコンロを置き、そのうちの一方(右側)を実験用に供した。

##### イ 加熱源

使用したコンロのガスは、都市ガス(13A)を使用した。

コンロの最大発熱量は、2100kcal/hである。

##### ウ なべ

加熱用なべとして図2に示す天ぶらなべを使用した。

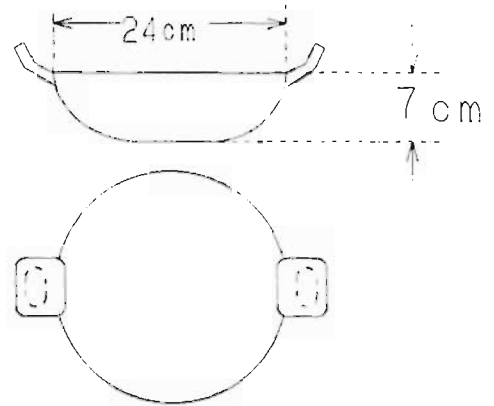


図2 天ぶらなべ

##### エ 天ぶら油

天ぶら油には、大豆しらしめ油を使用し、油量は各実験共に800ccとした。

### 4. 対象薬剤

本実験は、検定に合格した消火器及び薬剤を使用し、あくまで強化液消火器のアルカリ性薬剤と中性薬剤の天ぶら油火災に対する消火効果を比較実験するものであり、次の薬剤について比較を行った。

なお現在、強化液消火薬剤は、消火器と同様にOEM(Original Equipment Manufacturing：相手先商標製品)方式を取り入れており、代表されるメーカーで強化液消火薬剤3ℓ型アルカリ性3社、中性2社、また参考に供し得る目的で家庭用強化液消火器1ℓ型アルカリ性1社、中性1社、機械泡消火器、粉末消火器、訓練用消火器(水)各1社の製品について比較実験を行った。

各消火器の略号を表1に示す。

### 5. 測定方法

(1) 天ぶら油が発火して消火開始に至るまでの条件にて測定を行った。

#### ア ガスの遮断時期

天ぶらなべが発火してもガスを遮断せず、消火器で消火してから遮断するようにした。

表 1 各消火器の略号

番号	略号	消火器 (メーカー・薬剤種別・量 種別・量)	放射方法
1	AA3	A社アルカリ強化液消火器 3ℓ 型	ランダム
2	CA3・3s	C社アルカリ強化液消火器 3ℓ 型	3秒間欠放射
3	CA3・sp	C社アルカリ強化液消火器 3ℓ 型	瞬時間欠放射
4	BA3・3s	B社アルカリ強化液消火器 3ℓ 型	3秒間欠放射
5	BA3・sp	B社アルカリ強化液消火器 3ℓ 型	瞬時間欠放射
6	CA3	C社アルカリ強化液消火器 3ℓ 型	ランダム
7	BA3	B社アルカリ強化液消火器 3ℓ 型	ランダム
8	AN3	A社中性強化液消火器 3ℓ 型	ランダム
9	AN3	A社中性強化液消火器 3ℓ 型	ランダム
10	BN3	B社中性強化液消火器 3ℓ 型	ランダム
11	AN3・3s	A社中性強化液消火器 3ℓ 型	3秒間欠放射
12	BN3・3s	B社中性強化液消火器 3ℓ 型	3秒間欠放射
13	AN3・I	A社中性強化液消火器 3ℓ 型	5秒間欠放射
14	BN3・I	B社中性強化液消火器 3ℓ 型	5秒間欠放射
15	AN3	A社中性強化液消火器 3ℓ 型	ランダム
16	BN3	B社中性強化液消火器 3ℓ 型	ランダム
17	BN3	B社中性強化液消火器 3ℓ 型	ランダム
18	AN3	A社中性強化液消火器 3ℓ 型	ランダム
19	AA1	A社家庭用アルカリ強化液消火器 1ℓ 型	ランダム
20	AN1	A社家庭用中性強化液消火器 1ℓ 型	ランダム
21	A・foam	A社機械泡消火器 (界面活性剤) 6ℓ 型	ランダム
22	C・powder	A社粉末消火器 (ABC) 4型	ランダム
23	C・H <sub>2</sub> O	訓練用消火器 (水) 3ℓ 型	ランダム

※略号が同一のものは実験日が異なる。

イ 消火器の高さ、ノズルからなべまでの距離

消火器の高さは、ノズルが床面から140cmとし、ノズルからなべ中心までの距離が150cmとなるように、消火器設置台を設け各実験とも同一条件で行った。

ただし、家庭用強化液消火器 1ℓ 型は、設置台を使用せず同位置から手で持って消火を行った。

なお、消火器の操作者は全ての実験とも同一人を行った。

ウ 消火時期

天ぷらなべが発火して、目視で背面の観察用メッシュと対比させながら炎の高さが100cmになった時、天ぷら油面に向けて消火を開始した。

(2) 温度測定

天ぷらなべ内の温度、発火してからの炎の温度及び天井面の温度を測定するため、天ぷら油中1点、なべの中心から上方へ垂直に天井まで油面から10cm、70cm、140cmの3点、その天井の点を中心に半径50cm及び100cmの4点、計8点の温度測定を行った。

なお、熱電対はクロメル-アルメル熱電対を用い、データロガーを介してパーソナルコン

ピュータで処理を行い、画面上で連続的にプロットした。

各熱電対の測定位置を図1に示す。

(3) ビデオテープレコーダーによる測定

ビデオカメラを用い、映像を連続撮影した。

装置の設定位置は、右側面に設定し、画面上にコンロ、天井及び消火者の位置が測定範囲内に入るように設定した。

なお、ビデオ画像により消火器の放射時間を測定し、放射時間(量)の比較とした。

(4) 放射熱の測定

赤外線撮像装置を用い、アルカリ性薬剤及び中性薬剤の放射熱の比較を行った。

計器の設定位置は、ほぼビデオカメラと同じ位置とした。

## 6. 観察結果

(1) 天ぷら油の温度曲線

代表される天ぷら油のコンロ点火から、発火して消火完了までの温度状況を図3及び4のT1に示す。

天ぷらを揚げるのに最適とされる温度180°Cに到達する時間はコンロ点火からおおよそ5〜

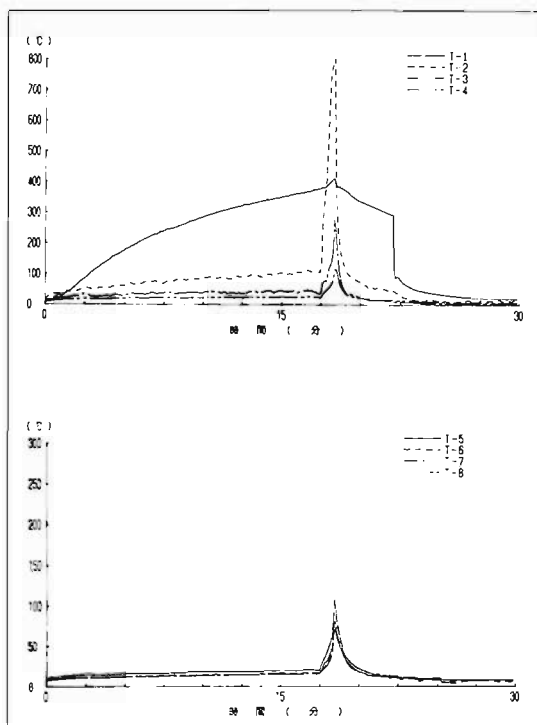


図3 温度測定結果(アルカリ薬剤放射)

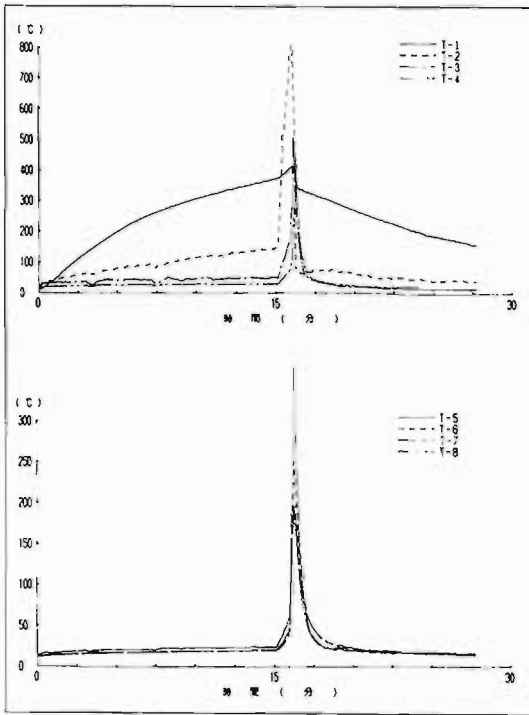


図4 温度測定結果(中性薬剤放射)

6分であった。

また、油温が200°Cを越えてから白煙(油煙)が発生し、温度が上昇するにつれて白煙の発生が多くなり、あわせて天ぶら油特有の臭気も激しくなった。

発火温度は360~380°Cの範囲内で、早くて15~16分で発火に至った。

なお、図中T 2からT 8は、図1に示す温度測定箇所における温度状況である。

- (2) 発火してから炎が100cmに達するまでの時間  
 天ぶら油が発火して、目視により炎が100cmに達した時消火を開始したが、発火から100cmまでの炎の高さと時間との関係を図5に示す。  
 炎の高さと経過時間に幅が生じるが、100cmまで50秒から70秒と幅があり中でも50秒から60秒までに集中している。  
 したがって、発火しておおよそ50秒から60秒で100cmに達し、発火から極めて短時間で火炎が成長し、周囲や天井に延焼していくなど初期消火のチャンスが限定される。
- (3) アルカリ性薬剤、中性薬剤の消火終了までの各熱電対の位置における温度測定の比較

各実験のT 1からT 8の最高温度を測定点ごとに比較した結果を、図6から図13に示す。

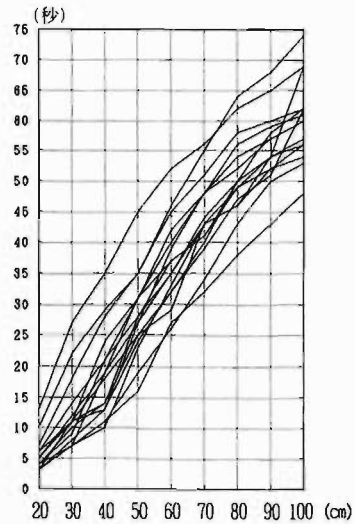


図5 炎の高さと時間の関係

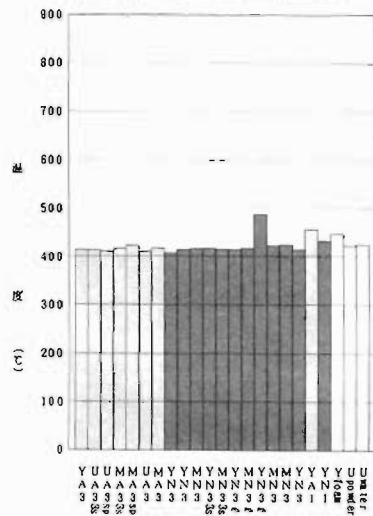


図6 測定点T 1における温度

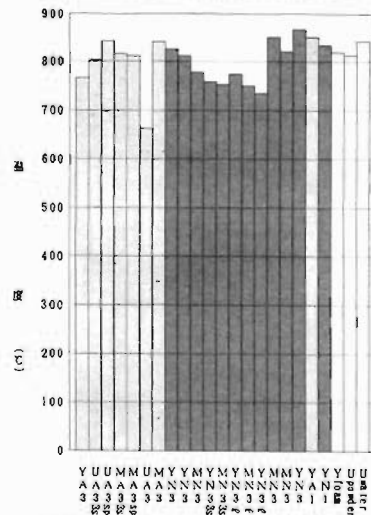


図7 測定点T 2における温度

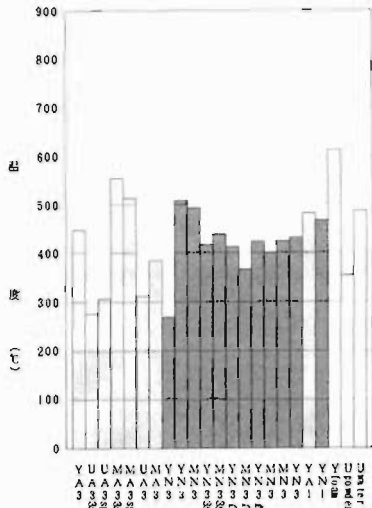


図8 測定点T3における温度

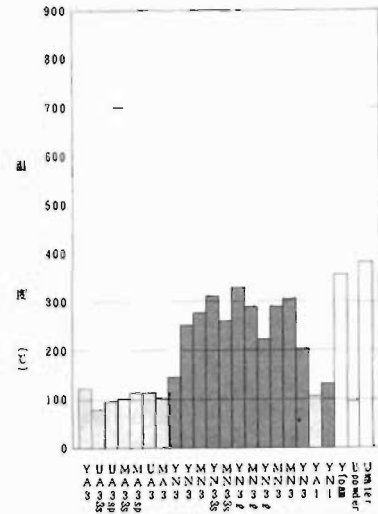


図11 測定点T6における温度

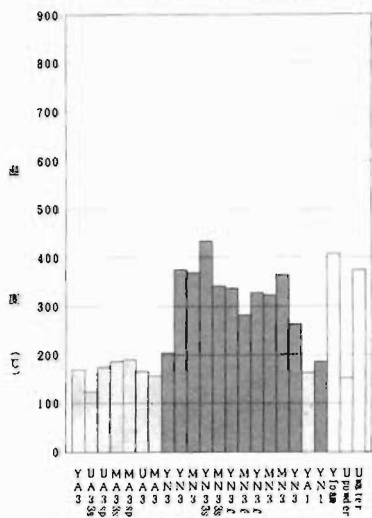


図9 測定点T4における温度

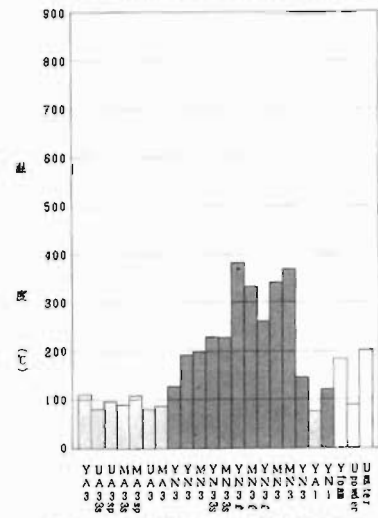


図12 測定点T7における温度

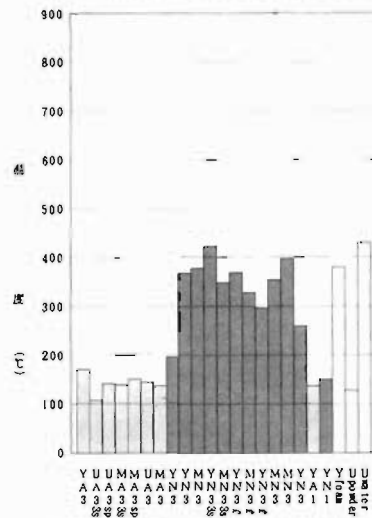


図10 測定点T5における温度

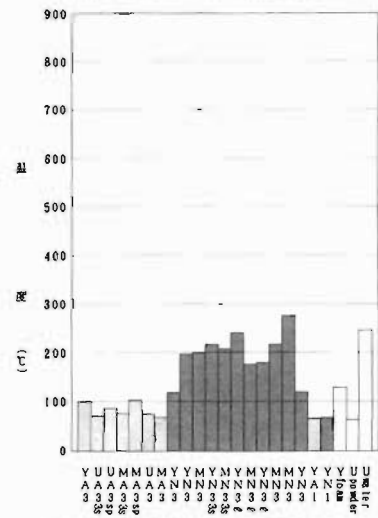


図13 測定点T8における温度

ア 3ℓ型アルカリ性薬剤と中性薬剤の比較

㍿ T1からT3の炎に近い場所では、アルカリ性薬剤と中性薬剤ではあまり最高温度に差は見られない。

このことはT1及びT2は天ふら油が発火してからの油温及び炎が100cmに達するまでの火炎そのものの温度を示しており、またT3にもその影響が現れている。

㍿ これに対して、炎から離れたT4からT8における天井面の各測定点は顕著な差がみられる。

これは、明らかに消火薬剤の違いによる火炎の拡大、或いは消火時の吹き返しによるものである。

イ 家庭用消火器1ℓ型について

アルカリ性薬剤及び中性薬剤共に各温度測定点は、3ℓ型のアルカリ性薬剤と同様な温度傾向を示し、特に中性薬剤は3ℓ型でみられるような高温傾向は示さなかった。

ウ 機械泡、粉末(ABC)薬剤、水について  
機械泡及び水は、3ℓ型強化液薬剤と比較してT4、T5は中性薬剤の温度分布に似ており、またT6は中性薬剤よりも高温で350℃以上の温度を示した。

これとは逆に粉末(ABC)薬剤は、3ℓ型強化液消火器のアルカリ性薬剤と各測定点共に同様な温度傾向を示した。

(4) 薬剤の放射時間(量)による消火成功、不成功の比較

各薬剤の放射時間(量)による消火比較をまとめると表2のとおりである。

なお、薬剤の放射方法については、1秒以下の間欠放射、2～3秒間の間欠放射、3秒以上の長時間放射と放射時間を変えて観察を行った。

ア アルカリ性薬剤3ℓ型は、短時間放射でもほとんど不消火は見られず、一旦、消火はするが薬量不足のため再発火し、薬剤量がある程度の量になると消火成功に至る。

再発火に至る時間経過は、長いもので十数秒のものもあり、少ない量の薬剤でも一時的に火炎を抑制していることがうかがえる。

相対的にアルカリ薬剤は、中性薬剤に比べ消火成功までの薬剤量が少ない傾向を示している。

イ 中性薬剤3ℓ型は、放射時間が短いと消火されず、むしろ火炎の拡大を助長するような形となり、消火には至らない。

・□、消火して再発火という現象は見られず、ある程度の薬剤量が放射された後に消火成功となる。

また、6秒以上連続して油面に放射した場合消火成功となった。この時の薬剤容量はおおよそ550ml前後である。

ウ 参考に供し得る目的で実験を行った家庭用強化液消火器1ℓ型アルカリ性薬剤は3秒放射後消火し、7.7秒後に再発火し、更に1.3秒放射し14.4秒後に再度発火し、0.6秒放射で452mlを消費して消火成功した。

また、家庭用強化液消火器1ℓ型中性薬剤は、4.5秒の連続放射で消火成功した。しかも薬剤量は289mlと少量で消火成功となっている。

機械泡消火器6ℓ型界面活性剤は、1.8秒放射時火炎拡大があり、その後4.3秒放射して消火に至った。

粉末消火器10型は、一旦3.8秒の放射で消火成功し、その後4.1秒後に再発火し、2回目の放射で消火に至った。

訓練用消火器3ℓ型により水を放射したが、火炎を抑制することができず、火炎の拡大をあおるのみで危険になったため中止した。

(5) 消火薬剤放射時の炎の拡大の比較

3ℓ型強化液消火薬剤のアルカリ性及び中性の典型的な薬剤放射時、アルカリ性薬剤、中性薬剤共に天ふらなべの上方に炎の拡大が見られるが、アルカリ性薬剤は高温域の面積が小さく、天井を高温域が這って消火者側に向かうものの途中で消滅してしまう。

アルカリ性薬剤の場合、放射してからの炎の拡大の寿命は瞬時に短時間であった。

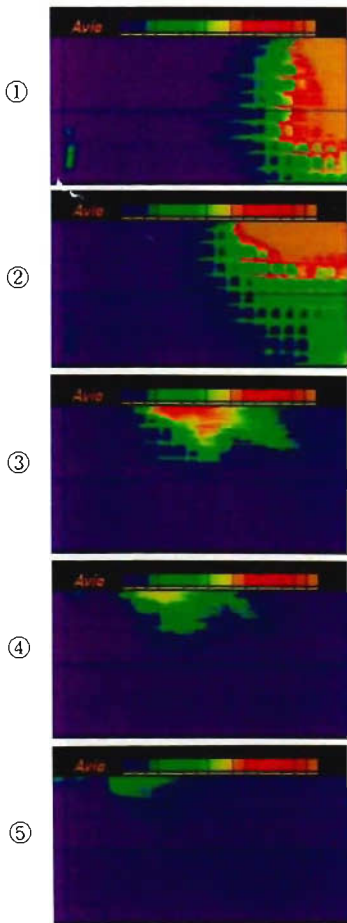
これに対して中性薬剤は、放射後炎の拡大が激しく高温域の面積がアルカリ性薬剤に比べて大きく、天井を這って消火者側へ到達しておりまた炎の寿命も長くなっている。

実験用模擬ハウスで消火者の頭上部分に垂れ壁があるが、中性薬剤放射時拡大した炎が瞬時ではあるが、消火者の頭上まで到達し、その温度は500℃を越えるものであった。

表2 薬剤の放射時間(量)による消火比較

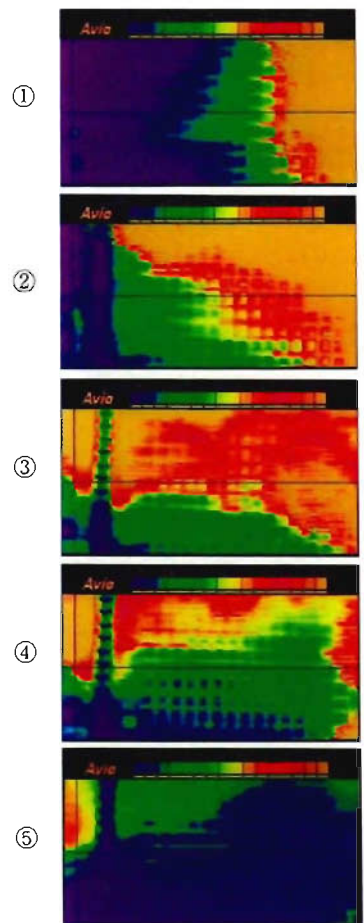
番号	薬剤種別	放射時間(秒)及び放射回数	放射時間s	使用薬剤量x1.2l
1	AAJ	アルカリ	1.5	639 (603)
2	CAJ-3	アルカリ	0.6	—
5	CAJ-90	アルカリ	1.5	300 (289)
4	BAJ-3	アルカリ	2.9	338 (404)
6	BAJ-90	アルカリ	1.7	290 (213)
6	CAJ	アルカリ	2.8	330 (433)
7	BAJ	アルカリ	4.7	625 (438)
8	ANJ	中性	2.9	300 (313)
9	ANJ	中性	3.8	315 (447)
10	BNJ	中性	3.9	340 (457)
11	ANJ-11	中性	4.7	414 (534)
12	BNJ-1	中性	5.0	401 (529)
13	ANJ-1	中性	5.0	438 (554)
14	BNJ-1	中性	5.4	472 (589)
15	ANJ	中性	4.2	359 (412)
16	BNJ	中性	3.4	473 (480)
17	BNJ	中性	4.7	436 (415)
18	中性	中性	4.4	350 (478)
19	AAJ	アルカリ	4.9	430 (433)
20	ANJ	中性	4.5	345 (329)
21	A-frate	—	8.1	809 (593)
22	powder	—	7.3	1220
23	(H <sub>2</sub> O)	—	4.7	809

アルカリ性火薬剤



①から⑤まで約1秒

中性火薬剤



①から⑤まで約1.5秒

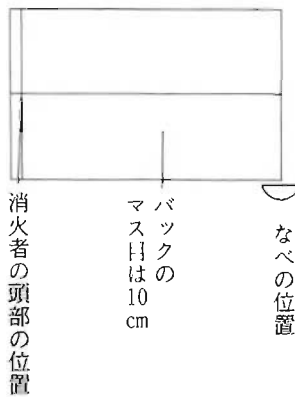


写真 赤外線撮影装置による薬剤放射時の状況

赤外線撮像装置による薬剤放射時の温度状況を写真に示す。

#### (6) 消火者の体感

全て同一人が炎の高さが100cmに達した時に消火薬剤を放射した。

相対的に3ℓ型アルカリ薬剤放射時、天ぷら油や薬剤の飛散は小さく、炎の拡大もなべ上部だけで消火者に不安を与えるようなことはなかった。

これに対し3ℓ型中性薬剤は、放射時炎の拡大が大きく、その吹き返しが天井面を這って垂れ壁にぶつかり、消火者の頭上にまで達し、頭髪が焦げたり、耳たぶが火傷をすることもあった。

家庭用消火器1ℓ型は、アルカリ性及び中性共に簡単に消火でき、炎の拡大をおおるような恐怖感はなかった。

また、機械泡及び水は3ℓ型強化液消火薬剤の中性と同様な炎の拡大を示し、消火者に不安を感じさせた。

とくに水は、炎の拡大、油、水の飛散が激しく、人体に危険性が感じられた。

なお、粉末ABC消火薬剤は、放射時なべ上部へ炎の拡大があったものの、消火者側への熱の影響は小さく、比較的スムーズに消火に至った。

ただ、放射を開始してから室内に薬剤が充満し、火点を見極めるのに難しさが感じられた。

## 7. 考 察

- (1) 今回の実験条件では、天ぷら油の油温は5～6分で180°Cに達し、また15から16分経過して発火に至た。

したがって、天ぷらなべを火にかけた時は絶対にその場を離れないことと、短時間でも離れる時はコンロの火を消すことが大切である。

- (2) 天ぷら油が発火してから炎の高さが100cmに達するのは、約50～60秒であった。
- (3) 3ℓ型強化液消火器の中性薬剤はアルカリ性薬剤に比較して消火時に一時的に火炎の拡大を生じた。

この火炎の拡大や消火時の吹き返しが、直接周囲の可燃物を燃焼させる危険性があった。(実際に熱電対を固定しているアルミニウムテープ

が燃焼した)

- (4) 消火器の操作時には、間欠放射は避け、必ず連続放射することが大切である。

(特に3ℓ型中性薬剤は、間欠放射すると炎の拡大をおおる)

- (5) 赤外線撮像装置による観察では、3ℓ型中性薬剤放射時に、炎の拡大や吹き返しによる高温流が天井を這い、台所等(厨房)と他の用途との境にある垂れ壁に衝突し、消火者の背後を襲う回り込み現象が観察された。

## 8. おわりに

今回各実験を通じて、実際に消火器の操作を行う上で感じられた事項は、次のとおりである。

- (1) 3ℓ型消火器は一般家庭における天ぷら油火災の消火器としては大きくて重いため、年配者や女性では確実に持ち上げ、ガステーブル上の天ぷらなべに低い姿勢のままで確実に放射するのが難しい。
- (2) 中性薬剤放射時は、天ぷらなべからある程度の距離をとる必要がある。
- (3) 3ℓ型中性消火器は炎の拡大をおおることから、心理的な不安も大きい。
- (4) 1ℓ型家庭用消火器は小型軽量で、消火時には炎の吹き返しが少なく、消火時間も短くて済むことから、これからの高齢化社会における天ぷら油火災時の家庭用消火器として、有用と思われる。