

油脂の長期低温加熱における出火危険について

Fire Hazards of Oils and Fats Heated for a Long Time at Low Temperature

松原 常夫*

鈴木 豊*

鶴見 文雄*

概要

植物油であるアマニ油を綿に含浸させ、油脂の酸化発熱に伴う長期低温加熱の危険性について解明する。

1. 油脂量 1g以下では低温出火の危険性は少ないが 2g以上では100°C以下の低温でも出火する危険性がある。
2. 含油衣料は雰囲気温度51°Cという低温で91時間後に出火した。
3. 含油衣料を家庭用衣類乾燥機で乾燥した後、十分な放冷がなされなければ自然発火の危険性がある。

Oils and fats oxidize in the atmosphere, generating heat. Fire hazards of oils and fats from their generating heat are due to their insulation and environmental temperature.

We studied the ignition temperature and time in the oxidation of oils and fats.

We also studied the fire hazards of oils soaked clothes.

1. はじめに

動植物等の油脂が染み込んでいる繊維類や天ぶらの揚げかすなどが自然発火し、火災となる事例が毎年のように発生している。「災害は忘れた頃にやってくる」と言う言葉があるが油脂の長期低温加熱による自然発火は、まさにこの言葉どおり、経時後に危険性が出てくるのである。

つまり、油脂は加熱直後から急に酸化発熱をするのではなく、ある程度長い時間非常にゆっくりとした発熱をした後（これを誘導期と言う）急激な酸化発熱が始まり、発火に至るといった経過をたどるものである。これが油脂の長期低温加熱における出火の特徴である。

ここでは乾性油として多くの塗料に含有されるアマニ油を脱脂綿に染み込ませ、長期間一定の温度に保ち、自然発火に至る最低の温度及びその他の条件について検討した。また昨今、一般家庭における衣類乾燥機の普及に伴い油脂が附着した衣料等の長期低温加熱による出火の可能性について多角的に検討する必要が生じてきた。なぜならば乾燥機器等は必ずしもマニュアル通りに使用され

るとは限らず、異なる使用をすると、そこに思わぬ危険性が潜在しているからである。そこで、衣類乾燥機による含油衣類の出火危険についても検討したのでその結果を合わせて報告する。

2. 実験目的

- (1) 自然発火に至る油脂量と雰囲気温度の関係を明らかにする。
- (2) 雰囲気温度と誘導時間の関係を明らかにする。
- (3) 電気乾燥機による含油衣料の出火危険の有無を調べる。

3. 実験方法

(1) 試験体 A

試験体 A は油脂を脱脂綿に均一に浸透させ、直径 11cm の球状金網容器（以下内球という）に入れ、さらにその外部に保温蓄熱用の脱脂綿を巻き、内球と同じように 18cm の球状金網容器（以下外球という）に入れて試験体 A とした。（写真 1 参照）

試験体を球状としたのは、放熱を最小限にするためであり、保温材料は球の体積を計算して内球 11cm-35g、外球 18cm-118g の一定に

*第二研究室

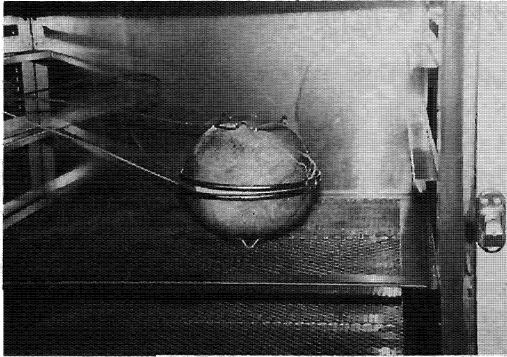


写真1

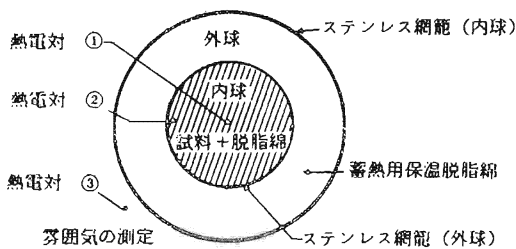


図1 試験体の断面及び温度測定位置

保ち、各実験の再現性を図った。(試験体の断面を図1に示す)

(2) 試験体B

試験体Bは2kgのシャツ、ズボン、体操着など(木綿、ポリエステル、アクリル等)の衣類を使用し、その中の一枚の木綿のTシャツにアマニ油(乾燥剤のナフテン酸コバルト0.6%含有)100gを付着させ一日屋内に干してアマニ油を乾かし、アマニ油を染み込ませていないその他の衣類とともに家庭用2層式洗濯機で洗剤を入れて洗濯(15分間)し、水ですすいだ後、脱水(5分間)したものを試験体Bとした。

(3) 雰囲気温度の設定

自然発火するための条件は、酸化反応を促すのに必要な温度がなければならない。その必要な雰囲気温度を一定に保つため電気恒温槽(E&M工設備SE-60-32型)を使用した。

(写真2参照)電気恒温槽内の温度は100°Cで設定し、(変動±0.4°C)また、電気乾燥機内の雰囲気温度は電気乾燥機のスイッチにより強、及び弱で設定した。

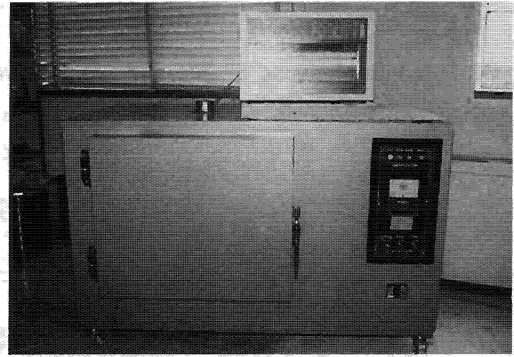


写真2

(4) アマニ油の性状等

アマニ油はアマの種子から得られる不飽和度の高い乾性油であり、用途は主に各種塗料に使用された油エナメル、油ワニス、ボイル油、アルキッド樹脂塗料等に含有されている。その他印刷インキ用等にも使用されている。

(表1にアマニ油の性状を示す。)

表1 アマニ油の性状

| | | |
|---------|---------------|--------------|
| 脂肪酸中の成分 | 飽和酸 | 10~16% |
| | 不飽和酸 | オレイン酸 18~24% |
| | | リノール酸 17~22% |
| | | リノレン酸 20~65% |
| ケン化 | 188~196 | |
| ヨウ素価 | 170~204 (乾性油) | |
| アセチル価 | 4~10 | |
| 不ケン化物 | 0.4~1.6% | |
| 比重 | 0.936 (20°C) | |
| 引火点 | 304°C | |
| 発火点 | 425°C | |

4. 実験

(1) 実験1(自然発火に至る油脂量と最低雰囲気温度)

試験体Aの内部3箇所(図1参照)に熱電対を設定して熱風循環式恒温槽に入れ、自然発火に至る油脂量と最低雰囲気温度との関係を調べる。

(2) 実験2(雰囲気温度と誘導時間)

試験体Aを実験1と同様に熱電対を設定し

て恒温槽に入れ、誘導時間の測定は試験体の中心部が雰囲気温度に達してから急激に発熱を開始するまでの時間（誘導時間）を測定し、雰囲気温度との関係を調べる。

(3) 実験3（衣類乾燥機による含油衣料の出火危険）

ア 試験体B（含油衣料を含む洗濯物）を家庭用の衣類乾燥機に入れる。この衣類乾燥機は乾燥の最後においてタイムスイッチの働きで自動的に冷風により乾燥衣類を冷却する機能を有しているため試験中に温風から冷風に切り替わることのないようにして、60～90分間衣類が乾燥するまで作動させる。

今回の実験に使用した衣類乾燥機（標準乾燥容量2.5kg, 1200W）（写真3参照）は温風ヒーターが強弱の2段切替えになっているのでこの切替えスイッチを強にして試験体Bを乾燥させる。

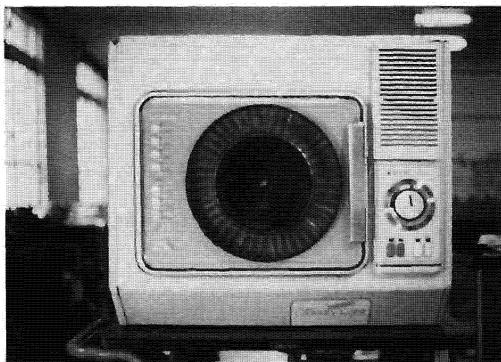


写真3

イ 試験体Bが完全に乾燥したことで手で触って確認後、含油衣類が中心にくるように塊状にして乾燥衣類をすみやかに取り出し、金網のカゴに入れて気温20°Cの室内に放置し、出火危険の有無について調べる。

5. 実験結果

(1) 自然発火に至る油脂量と最低雰囲気温度

試験体Aの各油脂量と自然発火に至った最低雰囲気温度を図2に示す。この図2により油脂量が増えると自然発火に至る最低雰囲気温度は低下することが認められる。

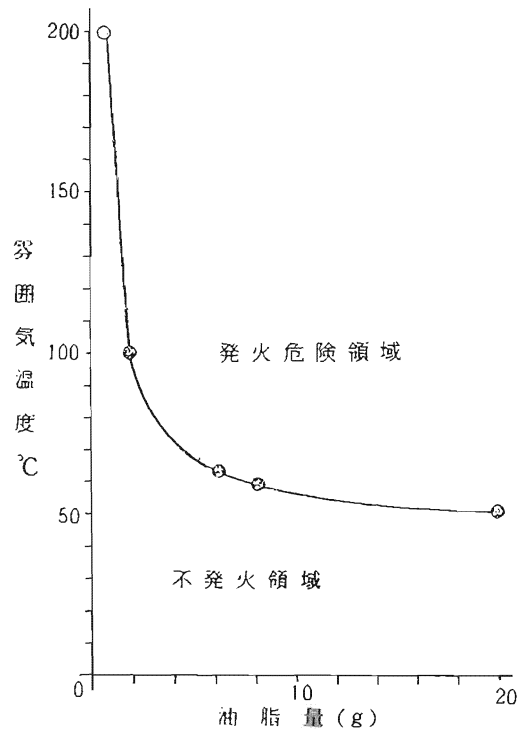


図2 発火に至る油脂量と最低雰囲気温度

この実験では51°Cの雰囲気温度が最低の出火温度であった。この温度以下では若干の発熱はあるものの出火するまでには至らず発熱の最低温度は43°Cであった。しかし、最低発熱温度である43°Cの雰囲気温度で長期間加温中、球中心の発熱温度に対し雰囲気温度を同温度に保つように加温していくと最後には出火した。

雰囲気温度と発熱温度を同じに保ったのは、放熱を遮断するため、放熱を防止することより発熱の蓄熱作用を高めることを目的としたものである。（雰囲気温度51°Cにおける試験体の発火状況を写真4～7に示す。）

(2) 雰囲気温度と誘導時間

発火時間は雰囲気温度が高くなれば早く、雰囲気温度が低くなれば遅く発火する。（内球11cm、外球18cm球についての発火時間の状況を表2及び図3に示す。）

(3) 電気乾燥機による含油衣料の出火危険

電気乾燥機の内部温度は洗濯物の乾燥とともに上昇し、当該実験では、60分間で洗濯物が乾燥し、内部温度は強で作動させたとき最高は72°C、弱では60°Cで安定する。

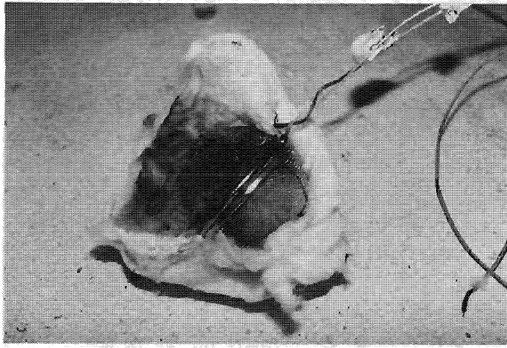


写真4

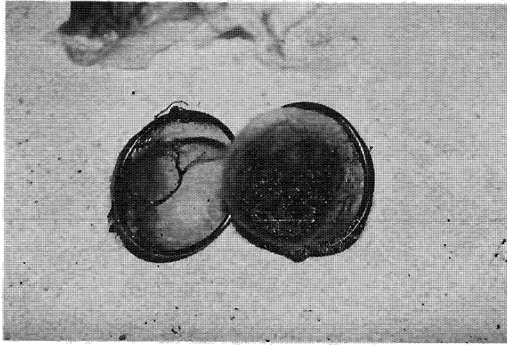


写真5

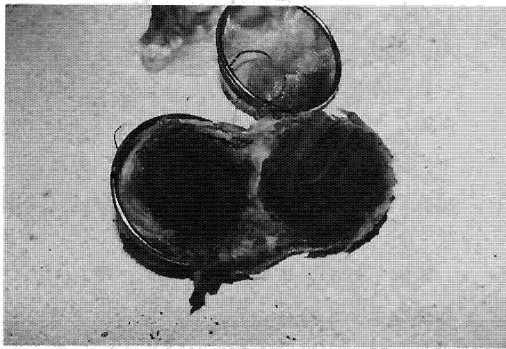


写真6

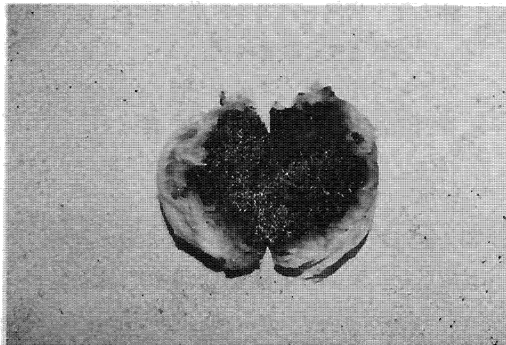


写真7

表2 雰囲気温度と誘導時間

| 実験 No | 雰囲気温度 (°C) | 実験開始からの 誘導時間 (t) | 雰囲気温度に達してか らの誘導時間 (t) |
|----------|---------------|---------------------|--------------------------|
| 1 | 51 | 100:00 | 88:00 |
| 2 | 60 | 46:20 | 37:20 |
| 3 | 70 | 12:50 | 4:50 |
| 4 | 80 | 9:30 | 3:00 |
| 5 | 90 | 6:20 | 1:10 |
| 6 | 100 | 4:00 | 0:30 |
| 7 | 110 | 3:00 | 0:00 |
| 8 | 140 | 2:00 | 0:00 |

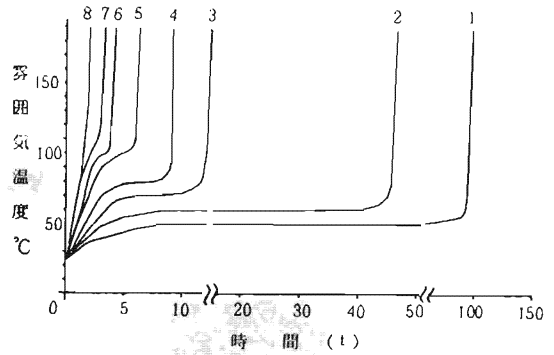


図3 雰囲気温度と誘導時間

電気乾燥機より取り出して放置した乾燥衣類の中の試験体の中心温度は一時若干低下するが、すぐ速やかに上昇を始め、2時間後に最高300~400°Cまでに達し、出火に至った。
(取り出した衣類の発火状況を写真8~9に示す。)

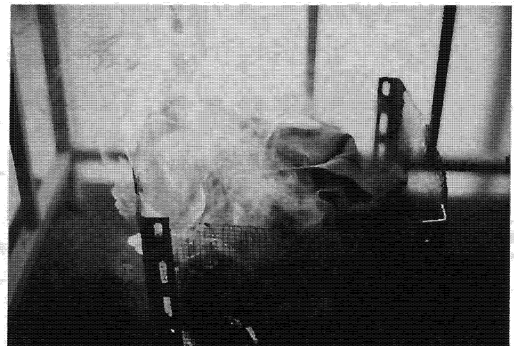


写真8



写真 9

6. 考 察

(1) 実験1の結果より、繊維中に含まれるアミノ油が1g未満のときは、雰囲気温度が200°C以上ないと自然発火せず、低温出火の可能性は少ない。それ以上の油脂量では出火に至る雰囲気温度が急激に低下し、2g以下では100°C以下の雰囲気温度においても出火する危険がある。

現実問題として、衣類に付着する油脂は多くても一度に数グラム以下と思われることから、油脂付着量は長期低温加熱による出火の重要因子であると考察される。

保温性がよければ51°Cの低温でも(25cmの球の場合49°C)出火する。また48°Cより低温でも発熱があり、条件次第では出火の可能性を示している。油脂は低温でも、ゆっくりとした速度で酸化しており、アミノ油は常温で乾燥(酸化)するまで普通3~4日以上かかる。

酸化するということは発熱することである。理論的には、43°C以下でも発熱に対して放熱を遮断する保温材料、又は大量の含油衣類があれば長期低温加熱により出火する可能性はあるものと推定される。また、今回の実験を繊維の材質より考察すると綿は化繊よりも油脂の付着率が良いと言われているが、その他のものでも油脂の付着率がよく保温性と空気層をバランスよく構成された素材のものが発熱しやすいと考えられる。

(2) 雰囲気温度に達してからの発火時間を対数値で表すと図4のようになる。これより発火

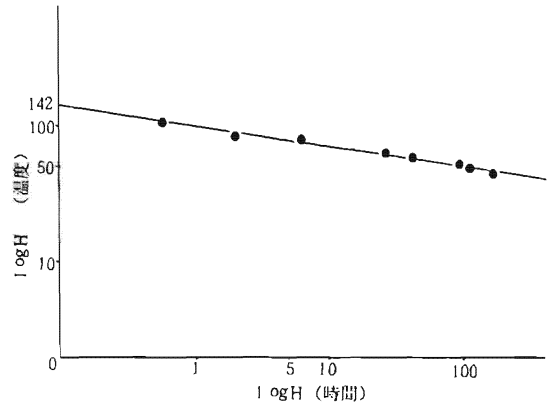


図4 雰囲気温度と発火時間の関係

時間は $y = -ax + b$ の直線式で表され、雰囲気温度が分かれば出火時間が判明してくる。

これらの関係式は試験体が雰囲気温度に達するまでの時間を考慮していないので、この結果をそのまま衣類乾燥機等の現実の事例に適用することは出来ないが雰囲気温度が若干低下するだけで、誘導時間は急激に長時間を要することが明らかとなり、長期低温加熱における雰囲気温度が誘導時間決定の重要因子となっていることが分かる。

発熱発火の状況は内部温度が80°C位から急激に酸化反応が加速され、90°C位からは一気に上昇し、発火に至るのである。

(3) 電気乾燥機による実験は冷風乾燥せずに誤操作等で発火することが実証された。

乾燥中の温度は約60°Cでありこの乾燥中にも発熱反応がすすんでいるが、攪拌されているため放熱が強く乾燥温度と同温になっている。

乾燥機より取り出して放置しておくこと蓄熱が勝り、中心温度は乾燥温度より上昇し、発火に至る。乾燥機内の温度が60°Cと低温のため、衣類が2kg以上ないと蓄熱されにくく発熱はあるが発火までには至らない。また、油脂の付着量も約50g上ないと発火はしにくい。

実験1と比較して出火に必要な油脂量が多いのは、第一に油脂の乾燥による発熱能力の低下、第二に洗濯による油脂の減少、第三に衣類乾燥機内での酸化発熱による発熱能力の低下、そして最後に室温放置による雰囲気温度の低下が原因と考えられる。

実際には、一枚の衣類にこれだけの油脂が付着することはないが、作業着等の含油衣類を10枚、20枚と、まとめて洗濯することはある。従ってこのような場合、合計の油脂量が多くなるため自然発火の危険性が生じ、実際の火災事例でも多量の含油衣類を温風等で乾燥させた場合に出火している。

繊維中の油脂は乾燥すれば洗濯によって落ちにくくなる反面、発熱能力は低下し、逆に発熱能力のある液状のときには洗濯によって落ちやすい状態にある。従って自然発火の危険性が高いのはその中間の半乾燥状態であろうと推定される。また衣類乾燥機による乾燥時間と誘導時間が一致した時に発火の危険性が高いと推定される。

家庭内では天ぷら油、サラダ油、床ワックス、化粧品等長期低温過熱による発熱発火する可能性を有している物品はいろいろあるが、乾燥機内で酸化発熱を終了する油脂や酸化発熱が乾燥後衣類を取り出して2時間以上も経過して発熱する油脂等は発火の可能性は当実験規模においては無い。

発火危険は乾燥機の乾燥時間、雰囲気温度で酸化発熱を起こす条件を持っている油脂である。使い古しの天ぷら油が付着した木綿の衣類は、洗濯しても少量の油しか落ちず、乾燥機で乾燥させると発火の危険性がある。現在市販されている電気乾燥機は乾燥の最終ステップで冷風によるクールダウン機能を有しておりクールダウン後の出火危険は極めて小さいものと考えられる。しかしながらクールダウン前に乾燥衣類を取り出した場合については低温出火の危険性があり、また、国民生活センターからの情報によると電気乾燥機における事故は火災以外も含めて非常に多く発

生している。この中で油脂の付着した衣類における事故は①タイマーの不調、②ベルトの不調、③ドラムの不調により内部の衣類が自然発火したという事例もある。

7. ま と め

- (1) 保温用の球を大きくするほど発熱の保温性に優れ、より低温で出火する。(18cmでは51cm、25cmでは49°Cで出火した。)
- (2) 油脂量は高雰囲気温度になるほど少ない量で発火し、低雰囲気ほど量は多くならなければ出火に至らない。
- (3) 発火時間は雰囲気温度が高温ほど早く、低温になるに従って長時間を要する。(49°Cでは125時間を要し、発火に至った。)
- (4) 電気乾燥機の誤操作等による油脂付着衣類は出火の危険性がある。

8. お わ り に

今回の実験は電気恒温槽で脱脂綿や衣類等を使用して実験を行ったが、実験方法については自然発火現象装置等色々な方法があると思われる。

各種塗料による出火実験も実施したが、塗料中の発熱成分は同一であっても含有量や酸化防止剤、乾燥剤さらに顔料等色々な要素によって異なってくる。今後、塗料の自然発火は個々の成分ごとに発熱機構を究明していく必要がある。

9. 参 考 文 献

- 1) 秋田一雄 木材の発火機構に関する研究 消防研究所報告Vol19 No1～2 (1959)
- 2) 東京消防庁消防科学研究所第2研究室 日本火災学会論文集Vol 30 No 4 (1980)
- 3) 若倉正英 災害の研究 13 (1982)