

カートリッジ式石油ストーブへのアルコール系自動車新燃料 誤給油に関する研究

鶴見 文雄*, 鈴木 健司*

概 要

近年、アルコール系自動車新燃料の普及に伴い、これらの燃料と灯油とのコンタミネーション事故や、石油ストーブへの誤給油の発生が予想される。このことから、アルコール系自動車新燃料と灯油を混合比と引火点の関係について計測するとともに、アルコール系自動車新燃料やガソリンをカートリッジ式石油ストーブに給油した場合の出火危険と燃焼性状に関する実験を行った。

この実験で得た主な結果については、次のとおりである。

- 1 アルコール系自動車新燃料をカートリッジ式石油ストーブに給油した場合、出火に至る危険性がある。
- 2 ガソリンを石油ストーブに給油して燃焼させた場合、石油ストーブの燃焼筒上部から炎が立ち上がる現象（以下、「異常燃焼」という）が見られるが、アルコール系自動車新燃料の場合は異常燃焼することなく、灯油を燃焼させた場合と同様の燃焼性状を示した。

1 はじめに

アルコール系自動車新燃料は、自動車用の燃料として近年販売されるようになったガソリンの代替燃料である。これらのアルコール系自動車新燃料は消防法上、ガソリンと同じ危険物第4類、第1石油類の非水溶性液体に分類される。しかし、成分的にはガソリンの他に、アルコール及びエーテルが配合された混合物質である。ガソリン代替燃料であるアルコール系自動車新燃料は、ガソリンと同様に揮発性、引火性が高く、灯油とのコンタミネーションや誤販売、誤用等により、火災や漏えい等の事故の発生危険が考えられる。

一方、カートリッジ式石油ストーブにガソリンを給油し、点火した場合、燃料が温められることによりカートリッジタンク内の圧力が高まり、燃料が溢流して出火に至る機構が既に解明されている^{1),2),3),4)}。しかし、アルコール系自動車新燃料を給油したときに出火に至るかどう、またどのような燃焼性状を示すのかは未だ定かではない。

本研究では、アルコール系自動車新燃料を給油した場合の出火の危険性に着目し、以下の実験を行った。

- ①灯油にアルコール系自動車新燃料を混合したときの比率と引火点の関係。
- ②カートリッジタンク内において、燃料の蒸気が、燃料をどの程度押し出そうとする傾向があるのかを把握する

ための、シリンジモデルを用いた各温度における燃料気層部の体積膨張率の測定。

③カートリッジ式石油ストーブにアルコール系自動車新燃料を給油して燃焼させた場合の、カートリッジタンクからの溢れ油により火災に至る危険性の確認。

③の実験において、燃料を満タンにして点火した場合、1回の実験に長時間要するにもかかわらず、出火に至らないことが多いと言われている。¹⁾そこで本実験においては、2つの加速条件（溢れ油が生じやすい条件）を設定し、当該条件下において燃焼実験を行った。1つめの加速条件は、カートリッジタンク内の燃料をタンク容量の約1/2に設定して燃焼を開始した。2つめの加速条件は、ある程度燃焼させた後、ストーブの芯を下げた消火して放冷し、再点火するという間欠的使用を行ったことである。これら一連の実験は比較のため、ガソリンについても行った。

2 実験方法

(1) 実験資器材

本実験で用いたカートリッジ式石油ストーブの仕様を表1に、用いた燃料を表2に示す。また、使用したストーブの写真写真1に示す。

(2) 灯油とアルコール系自動車新燃料を混合したときの引火点測定

* 第二研究室

灯油にアルコール系自動車新燃料を添加し、アルコール系自動車新燃料の混合組成を5%ずつ増加させ、その引火点を、タグ密閉式引火点測定器（写真2参照）を用いて測定した。引火点の測定は-20℃付近を下限として実施した。

表1 用いたストーブの仕様

種類	自然通気形開放式石油ストーブ (しん式・放射形)
最大燃料消費量	0.279ℓ/h
暖房出力	2.67kW (2300kcal/h)
油タンク容量	3.6ℓ
燃焼継続時間	約13時間

表2 用いた燃料

燃料の種類	主な成分
アルコール系自動車新燃料	ナフサ(ガソリン)、 アルコール、エーテル
ガソリン	-
灯油	-



写真1 本実験で用いた石油ストーブ

(3) シリンジモデルを用いた燃料容器気層部の体積膨張率の測定

この実験は、アルコール系自動車新燃料、ガソリン、灯油について行った。

- ① 恒温水層で20℃に調製した燃料を、容量50mlのガラス製シリンジの中に10ml入れる。
- ② 当該シリンジ内に空気を吸入して、20℃におけるシリンジ内の気層体積を10mlに調整する。
- ③ シリンジの先端を接着剤で塞ぎ恒温水槽に保持する。このときの体積を100%とする。
- ④ 20℃から5℃ずつ恒温水槽の温度を上昇させて設定温度に達してから30分間保持した後、燃料容器気層部の体積を測定する。
- ⑤ 体積膨張率を算出する。

(4) 灯油を給油して燃焼させたときのカートリッジタンクの温度変化

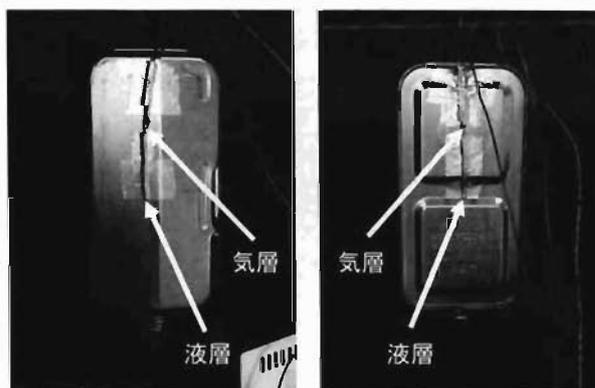
この実験は予備実験として、カートリッジタンクが、

石油ストーブを点火したときの、燃焼筒の温度の影響をどれだけ受けるかを測定し、本実験において燃焼時間をどの程度に設定するかを求めるために行った。

- ① カートリッジタンクの表面に、温度計測用の熱電対を4箇所設定（写真3参照）する。なお、熱電対の取付け位置は、カートリッジタンクに燃料を1.7ℓ入れて倒立した状態で、気層部の中央（上端から85mm）と液層部の上部（上端から180mm）の位置とする。
- ② 容量3.6ℓのカートリッジタンクに灯油を2ℓ給油し、補助タンクが空の状態の石油ストーブにセットする。このとき、カートリッジタンクから補助タンクへ約300mlの灯油が移動し、カートリッジタンク内の灯油は当該タンク容量の約1/2となる。
- ③ カートリッジタンクの温度測定を開始し、石油ストーブを点火し、芯を一番上まで上げる。



写真2 タグ密閉式引火点測定器



燃焼筒側 外側

写真3 カートリッジタンクの温度測定位置

(5) カートリッジ式石油ストーブの溢れ油による火災実験

この実験では、アルコール系自動車新燃料とガソリンを用い、24℃の雰囲気下で石油ストーブをオイルパンの中に設置して行った。また、③から⑤を繰り返し、間欠的な使用を行った。

- ①(4)の実験と同様の位置に熱電対を設定する。
- ②カートリッジタンクに燃料を2ℓ給油し、補助タンクが空の状態の石油ストーブにセットする。
- ③石油ストーブの燃焼時間が30～40分になったら、ストーブの芯を下げて消火する。
- ④カートリッジタンクを石油ストーブから取り外し、放冷する。また、口金を外して燃料の状態等を確認する。
- ⑤再びカートリッジタンクを設定し、石油ストーブを再点火する。

3 実験結果

(1) 灯油とアルコール系自動車新燃料を混合したときの引火点測定

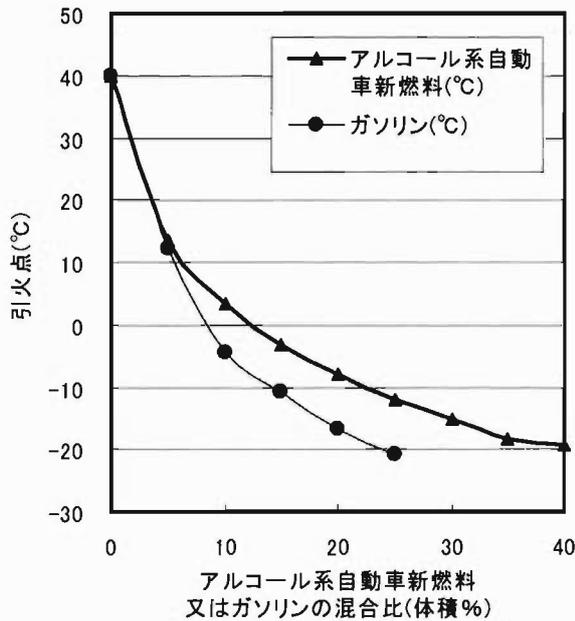


図1 アルコール系自動車新燃料、ガソリンを灯油に混合したときの引火点

引火点測定結果を、図1に示す。ただし、灯油とガソリンを混合したときのデータは、平成10年に危険物課からの依頼で分析測定を行ったときのデータを用いた。この結果から、灯油にアルコール系自動車新燃料を3～4 vol.%混合すると、引火点が20℃にまで下がることが分かる。

(2) シリンジモデルを用いた燃料容器気層部の体積膨張率の測定

燃料が20℃のときの気層部体積を100%とし、5℃ずつ温度上昇させたときの体積膨張率の変化を図2に示す。この図から、アルコール系自動車新燃料は40℃付近、ガソリンは30℃付近から急激に体積が膨張することが分かった。また、灯油については、温度を上げてほとんど

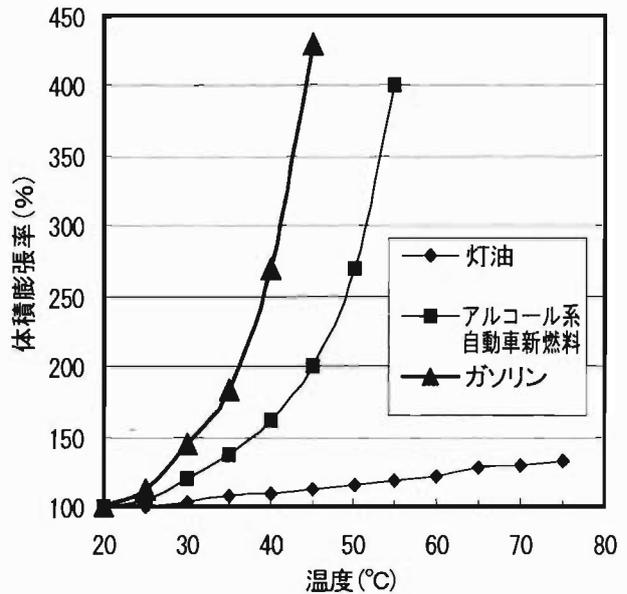


図2 各燃料における体積膨張率の温度特性

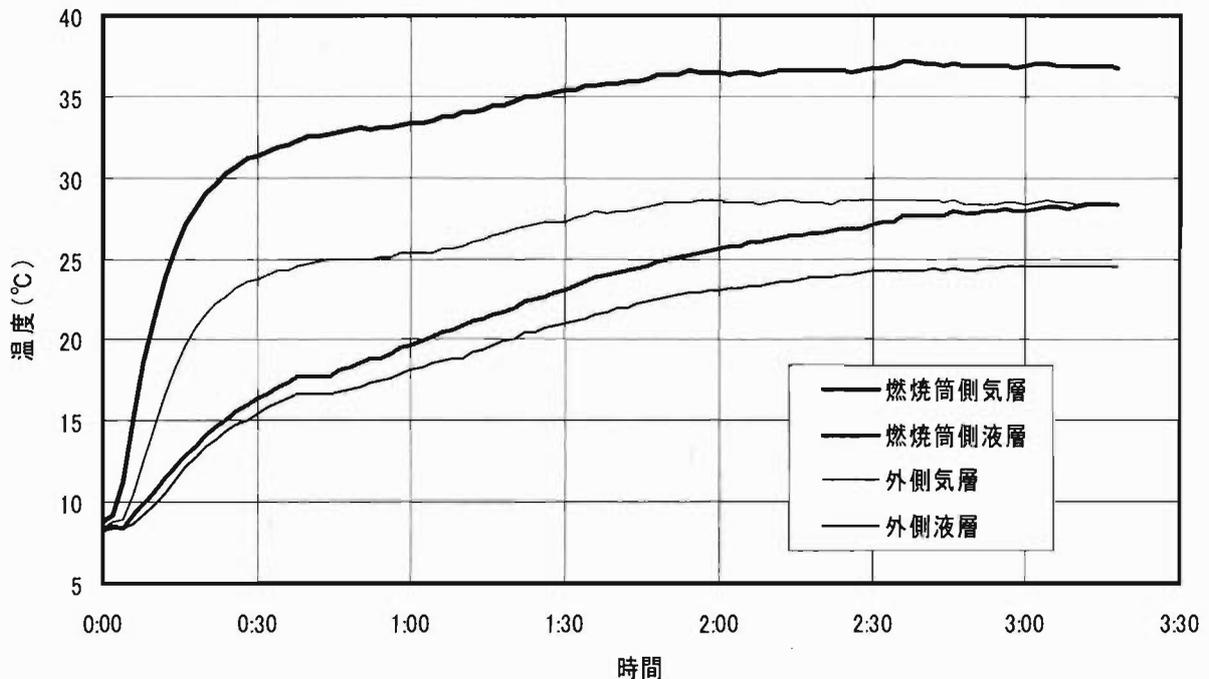


図3 灯油を給油したときのカートリッジタンクの温度変化

んど体積膨張しないことが分かった。以上のことから、カートリッジタンクがストーブの燃焼により熱を受けると、灯油の場合はほとんど影響を受けないものの、アルコール系自動車新燃料やガソリンの場合は体積膨張が起こると考えられる。

(3) 灯油を給油して燃焼させたときのカートリッジタンクの温度変化

灯油を給油して通常の燃焼を行った場合、カートリッ

ジタンクの温度変化は、図3のとおりとなった。この図から、カートリッジタンクの気層部分の温度は点火後約2時間で一定になるのに対して、液層部分の温度はその後もう少し上がり、約3時間でほぼ一定になることが分かった。

(4) アルコール系自動車新燃料を給油したときの石油ストーブ火災実験

石油ストーブを間欠的に燃焼させたとき、3回目の燃

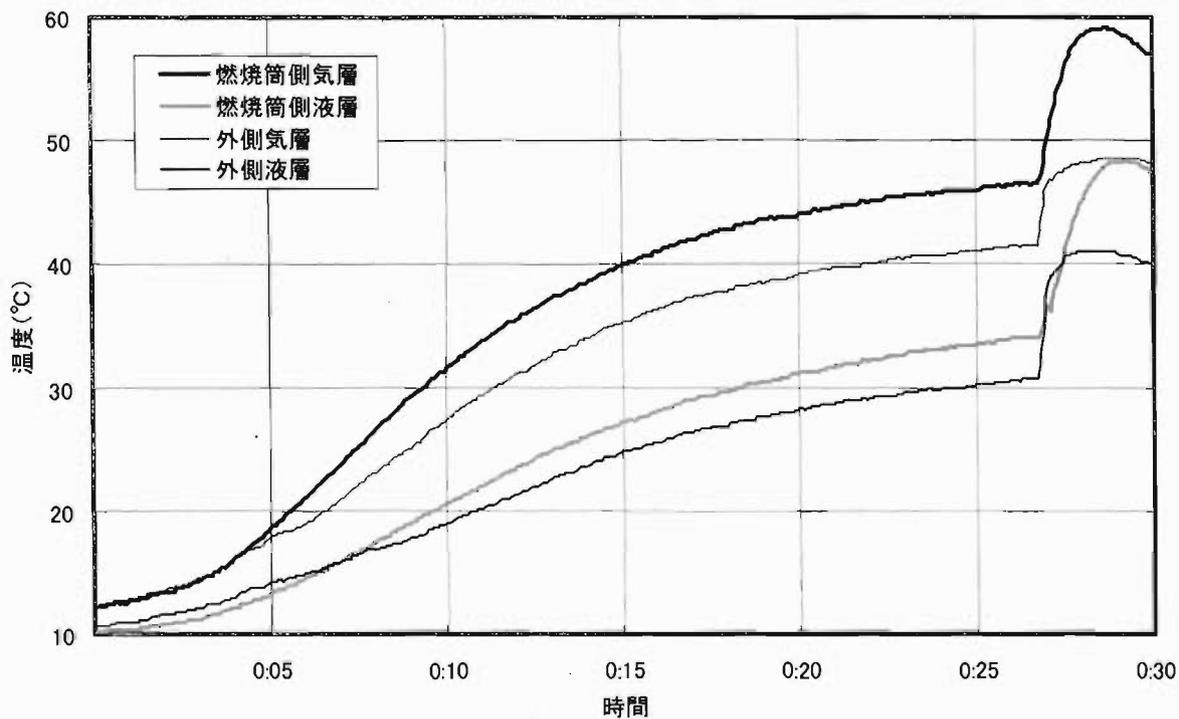


図4 アルコール系自動車新燃料を給油して出火したときのカートリッジタンクの温度変化

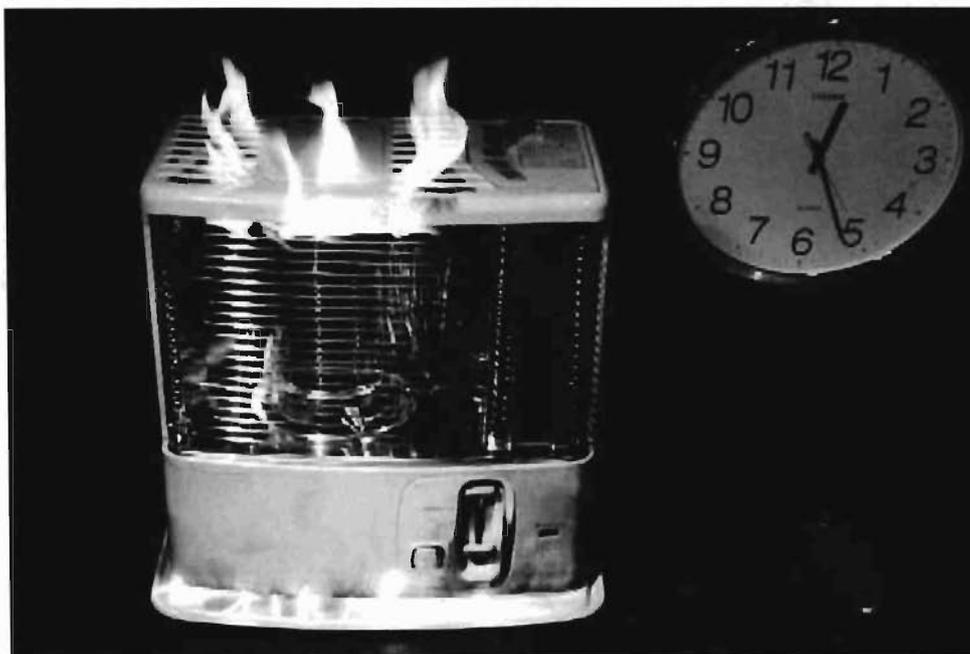


写真4 アルコール系自動車新燃料を給油して出火したときのストーブ写真

焼で出火した。石油ストーブから出火したときの温度変化を図4に示す。また、写真4に3回目に燃焼させた時の、石油ストーブから出火したときの状況を示す。アルコール系自動車新燃料を誤給油したときの燃焼性状を観察すると、灯油と見分けがつかず、異常燃焼しないことが分かった。また、出火直前も異常燃焼が全く見られないことが観察された。写真5に、アルコール系自動車新燃料とガソリンをそれぞれ給油したときの燃焼性状の違いを示す。

(5) ガソリンを給油したときの石油ストーブ火災実験
石油ストーブを間欠的に燃焼させたとき、4回目の

燃焼で出火した。石油ストーブから出火したときの温度変化を図5に示す。また、写真6に、4回目に燃焼させた時の、石油ストーブから出火したときの状況を示す。ガソリンは燃焼開始後5分程度で、炎が燃焼筒から溢れ始めて異常燃焼し、出火直前には炎が渦をまくようにゆらめき、時々燃焼筒の中で激しく燃焼する様子が観察された。

4 考察

(1) アルコール系自動車新燃料、ガソリンを灯油に混合したときの引火点測定

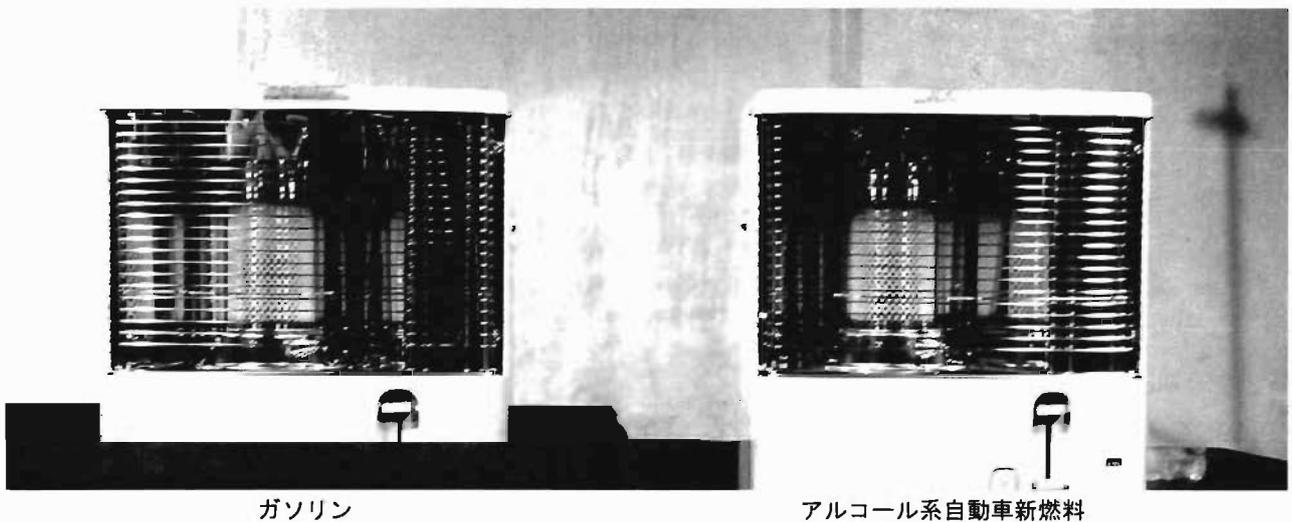


写真5 アルコール系自動車新燃料とガソリンを石油ストーブにそれぞれ給油した場合の燃焼性状の違い

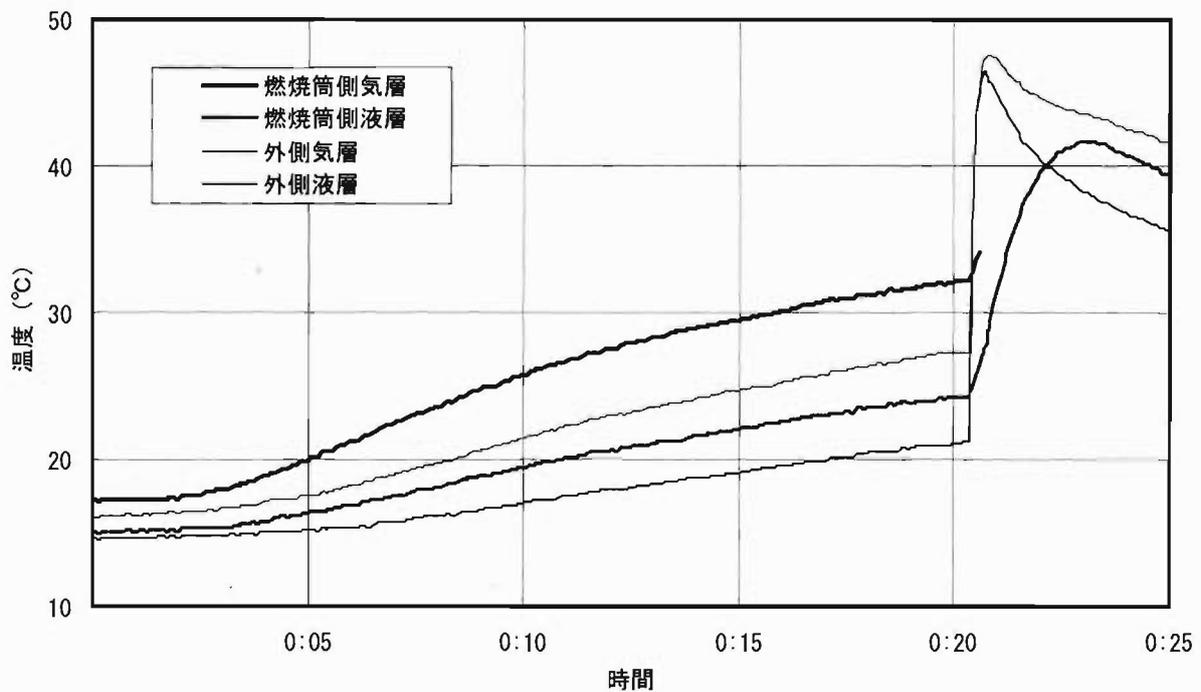


図5 ガソリンを給油して出火したときのカートリッジタンクの温度変化



写真6 ガソリンを給油して出火したときのストーブ写真

灯油の引火点は約 40℃であることから、常温においては通常引火しない。しかし、アルコール系自動車新燃料やガソリンを 3~4vol. %混合しただけで引火点は 20℃まで降下する。普段は灯油を給油している石油ストーブであっても、誤ってカートリッジタンクにアルコール系自動車新燃料やガソリンを給油してしまうと、燃料の供給により引火点が急激に下がっていく。このことから、油受皿から燃料が溢れた場合、燃烧筒の炎から引火する可能性がある。また、カートリッジタンク内は誤って給油した燃料の割合が大きいため、温度上昇による体積膨張率も大きい。以上のことから石油ストーブの出火危険は、アルコール系自動車新燃料やガソリンを少量給油しただけでも十分に大きくなると考えられる。

(2) シリンジモデルにおける燃料容器気層部の体積膨張率の測定

灯油は温度が上昇してもほとんど膨張しないが、アルコール系自動車新燃料やガソリンは灯油より急激に膨張する。また、アルコール系自動車新燃料はガソリンと比べると、膨張率が小さい。このため、カートリッジタンクからの溢れ油の量を考慮すると、同じ温度上昇であれば、アルコール系自動車新燃料よりガソリンの方が、より多く溢れると考えられる。すなわち、どちらが出火しやすいかという点では、ガソリンの方がアルコール系自動車新燃料より出火しやすいと考えられる。

(3) 石油ストーブの火災実験

石油ストーブに誤給油した場合、ガソリンで出火危険があるのはもちろんのこと、写真4のとおり、アルコール系自動車新燃料においても出火危険があることが分かった。また、石油ストーブの燃烧性状を観察すると、ガソリンでは出火前に異常燃烧をするのに対して、アルコ

ール系自動車新燃料では全く異常燃烧がみられないことが分かった。これは、ガソリンを誤給油して燃烧させた場合は異常に気付くことがあるのに対し、アルコール系自動車新燃料を誤給油した場合は、異常に気が付きにくいことを示している。ただし、石油ストーブによっては、文献¹¹⁾によるとガソリンを給油すると天板を覆うほどの炎が出るとの結果もあるので、仮にそういった石油ストーブを用いれば、アルコール系自動車新燃料を給油しても異常燃烧が起こる可能性はある。

(4) 燃烧実験の際の温度変化

図3、図4及び図5をみると、カートリッジタンクの表面温度の中で、燃烧筒側気層温が最も高く、次いで外側気層、燃烧筒側液層、外側液層の順に高くなった。これらのことから、燃烧筒の熱が反射板及び空気層を介して、カートリッジタンクに伝熱していることが分かった。また、気層が液層より温度が高いことから、燃料と接していないカートリッジタンク部分の方が温まりやすいということが分かった。これはカートリッジタンク中の気体部分と燃料液体部分の比熱の差によるものと考えられる。

(5) 加速条件

今回の石油ストーブへの誤給油による火災実験では、2つの加速条件を設定した。これにより、アルコール系自動車新燃料、ガソリンともに出火した。しかし、今回用いた石油ストーブで、カートリッジタンクに燃料を半分程度入れて燃烧させただけでは、どちらの燃料であっても 10 回中 1 回ほどの割合でしか出火しなかった。文献¹¹⁾によってはかなりの確率で出火しているので、石油ストーブによる個体差が大きい可能性がある。

次に、2つめの加速条件である、間欠的使用による火

災危険について考察する。カートリッジタンクに、アルコール系自動車新燃料を入れて石油ストーブを燃焼させると、カートリッジ内気層部分の体積膨張により、カートリッジタンクから燃料が押し出され、補助タンク内の液面が上昇する。ここで、一旦燃焼を止めてそのままにしておけば、温度降下とともに補助タンク内の燃料がカートリッジタンクに戻り、補助タンク内の液面も下降する。ところが、燃焼を止めてすぐにカートリッジタンクを抜き去ると、補助タンク内の液面が上昇したままになる。石油ストーブやカートリッジタンクを放冷して、カートリッジタンクのふたを開けると、カートリッジタンク内の陰圧が元に戻る。そこでカートリッジタンクを石油ストーブに設置すると、補助タンク内の液面は上昇したまま、石油ストーブを燃焼させることによりさらに上昇する。これら一連の操作を繰り返すと、補助タンク内の液面は上昇し続け、いずれは油受皿から燃料が溢れて引火すると考えられる。

5 まとめ

今回、アルコール系自動車新燃料を石油ストーブに給油した際の危険性に関連する一連の実験を行い、ガソリンや灯油の場合と比較した。その結果、以下のことが明らかになった。

- (1) アルコール系自動車新燃料を灯油に混合すると、3~4vol. %で引火点が常温(20℃)まで下がる。
- (2) アルコール系自動車新燃料やガソリンは、温度が上昇した場合、灯油と比べると体積膨張率が大きい。例えば、20℃から 40℃に燃料や気層部の温度が上昇すると、ガソリンは灯油の約 2.5 倍、アルコール系自動車新燃料は灯油の約 1.5 倍体積が膨張する。
- (3) アルコール系自動車新燃料をカートリッジ式石油ストーブに給油し、石油ストーブを点火した場合、カートリッジタンク内の温度が上昇することにより、タンク内気層部の体積が急激に膨張し、燃料が過剰に押し出される。このことが起因となり燃料漏れが発生することがあり、その後漏れた燃料に引火して出火に至る危険性がある。
- (4) ガソリンを給油した場合は異常燃焼という兆候が現れるが、アルコール系自動車新燃料の場合は異常燃焼が起こりにくいと考えられるため、誤給油したことに気付きにくいという性質がある。

6 今後の課題

過去の火災事例から、ガソリンがカートリッジ式石油ストーブに給油され、火災となる場合があることが知られている。しかし、アルコール系自動車新燃料についてはこれらの知見が無いため、今回は1つのアルコール系自動車新燃料について出火危険に係る実験を行なったものである。自動車用燃料については今後、アルコール含有型に転換していく傾向も見られることから、アルコー

ル成分や濃度と燃焼性状の関係についても、燃焼機器の枠を広げて検討を重ねていく必要がある。

[参考文献]

- 1) 島田由夫, 川崎昭, 日本火災学会誌 vol. 26No. 6, 日本火災学会(1976)
- 2) 原實, 土方忠道, 宮川育郎, 日本火災学会誌 vol. 29No. 6, 日本火災学会(1979)
- 3) 新居秀敏, 日本火災学会誌 vol. 37No. 2, 日本火災学会(1987)
- 4) 松原美之, 那波英文, 消研輯報第 50 号, 消防研究所(1996)

A STUDY OF MISTAKEN REFUELING OF CARTRIDGE-TYPE KEROSENE HEATERS WITH NEW FUELS FOR ALCOHOL-POWERED CARS

Fumio TSURUMI*, Kenji SUZUKI*

Abstract

With the spread of alcohol-powered cars in recent years, one can expect an increase in accidents involving contamination between these new fuels and kerosene, and the mistaken refueling of kerosene heaters. Experiments were therefore conducted to measure the relationship between mixture ratio and flashpoint and to determine the degree of flammability and potential for fire outbreak posed by mistaken use of alcohol-powered car fuel and gasoline in cartridge-type kerosene heaters.

The major results were as follows:

1. Use of new fuels for alcohol-powered cars in cartridge-type kerosene heaters is a fire hazard.
2. While the burning of gasoline in a kerosene heater was observed to result in flames rising from the upper burner assembly (abnormal combustion), use of new fuel for alcohol-powered cars showed no abnormal combustion, burning in the same manner as kerosene.

*Second Laboratory