

安全のためのゲル化燃料（第3報）

岩 間 彬・青 柳 鐘一郎・木 村 元 雄*
羽 室 康 正**・井 原 博 之*

1. はじめに

航空機が不幸にも不時着・墜落をしたとき、瞬時に炎上、乗客の命が失われる事故を防ぐため行なわれたこのゲル化燃料は、幾多の実験を積み重ねる間に、一般燃焼器に応用すれば安全向上に役立ち、さらに公害防止にも有望であることが明らかになった。すでに数年にわたり、次に記す同志が集ってプロジェクト・チームを組み、燃料と燃焼器の両面について基礎および開発研究が進められている。

	担 当 項 目
宇宙航研・推進燃料研究室	基礎研究全般
三菱石油	ゲル化とパイプ移送技術開発 暖房燃焼器とエンジンへの利用
豊臣工業	小型暖房器具、パッケージの研究
三菱重工	大型燃焼器の開発
東京消防庁消防研	消防的観点からのゲル化燃料の評価、製 造・運搬・貯蔵についての指導

これまでに得られた成果は部分的に発表されたものはあるが、[1][2][3][4][5][6][7][8][9] 大部分は未発表である。詳しい学術報告は著者らによって別の論文誌でなされることになっているので、ここでは前報[2]以後、この高濃度水中油滴ゲル化燃料の研究のなかでとくに目立った成果を拾いだすにとどめたい。

2. ゲル化剤の改良

この研究が発足してまもなくわれわれにより発見されたゲル化剤はジエタノールアミンおよびモノエタノールアミンと C₁₀~C₁₈ 脂肪酸との縮合物で、原料混合化はアルコールアミンを化学量論比の2倍とし、反応条件に制約を加えて合成したものである。その後、このゲル化剤でつくったケロシンや JP-4 のゲルは、脂肪酸が蒸発しにくくて燃焼残渣が多く、安定性に不満があると指摘され、改めて界面活性剤の研究が精力的に行なわれ、現在では優れ

* 三菱石油(株)

** 第一工業製薬(株)

た2種のゲル化剤ができています。

また、ゲル化剤は燃料添加成分として0.4 vol%を越えない範囲に限られているものの窒素原子を含む化合物は好ましくない。周知のように、石油系燃料の燃焼ガスが排出されるなかには、高温火炎反応で生成した微量の窒素酸化物(NO_x)が含まれていて、光化学スモッグの原因となり、いまや重大な社会問題になっている。空气中に窒素が存在するからには、炭化水素燃料は化学量論比近傍で燃やすと NO_x の発生量はピークに達する。しかし、空气中の窒素よりも、燃料自身に含まれている窒素化合物の方が NO_x に変換される比率が高い。したがって、アミン、アマイド基をもつような窒素分率の高い化合物はゲル化剤とするのは避けるべきである。新しく開発されたゲル化剤は炭素、水素、酸素のみからなり、 NO_x エミッションが増加する要因にならないのは無論のこと、後述するように、その抑制に積極的効果があることが認められた。

ゲル化燃料をジェットやディーゼル・エンジンあるいは一般暖房燃料として用いるにしても厳しい環境条件に耐えなければならない。純液体では対流によって液温が一様になろうとする動きがあるが、ゲル化燃料は固体と同じくマトリックスが固定しているため内部対流がみられない。ゲル化燃料をドラム缶のような金属容器に貯蔵した場合、真夏の直射日光にあたると、燃料自体は熱伝導率が低いだけに、局部的に高温に加熱され、液体にもどるのではないかと懸念される。また、高層、極地を飛ぶ航空機の燃料の温度は -40°C あるいはそれ以下の低温に下がるであろう。

このような、広い温度で安定であること、つまり、水と油が分離する排液現象を起こしてはならないという要求は、外相(水)に対し内相(油)の比率が極度に高い、この水中油滴型乳化燃料にはもっともむずかしい課題であった。が、多くの化合物のなかから、優秀な凍結防止剤を見出し、少なくとも $-30^\circ\text{C}\sim+60^\circ\text{C}$ で安定なゲルをつくることに成功した。この物質を加えることによる、腐食、発錆、燃焼上のトラブルは認められていない。

3. 窒素酸化物(NO_x)と煙発生の抑制作用

ゲル化燃料の実用化の一環として、三菱ディーゼル・トラック(商品名キャンタ、排気量2659 ml, 80HP/3700 rpm, 積載量2トン)を使って、10モード法による排気ガスの試験をした。ディーゼルやガソリン・エンジンなどにゲル化燃料を採用する場合は、パイプ移送性と噴射圧力が液体燃料とそう変わってはならないという制約があるので、見掛け粘度を低くすることが要望された。そこで、水の含有量を高めて、見掛け粘度を10 poiseまで落として燃料とした。その組成は水10 vol%, 軽油89.6 vol%, および界面活性剤その他0.4 vol%で、噴射ポンプ、配管などに変更を加えることなく、与えられたエンジンシステムでゲル化燃料を使うことができた。すでに600時間を越える走行テストで別段不具合は生じていない。図1はアイドリング時におけるゲル化燃料の NO_x 減少率と煙の発生量をゲルの水分をパラメータとして示したものである。加速、減速、あるいは荷重を変えても、その NO_x 減少率は10 vol%水でゲル化した軽油は、いずれの場合も15~25%の範囲にある。

この燃料の特徴は、水噴射法と比較すると、水と燃料の比が等しい場合、 NO_x の抑制効果はずっと大きいことである。 NO_x の生成反応は火炎帯における酸素原子が寄与していて、

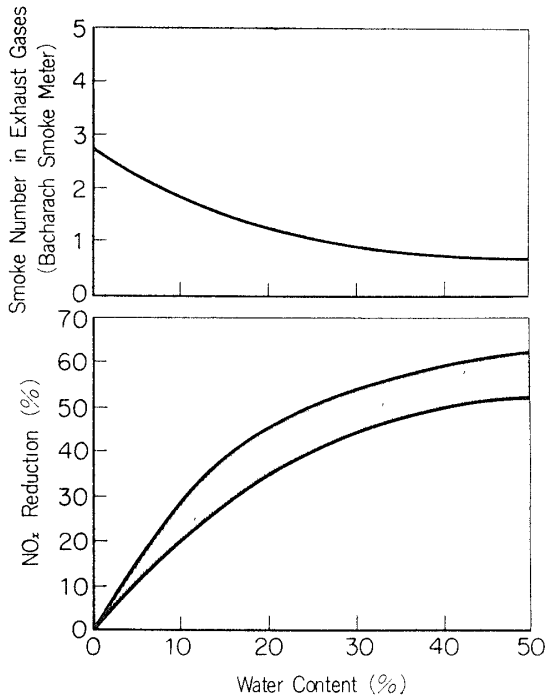


Fig. 1 Burning Performance of Gelled Gas Oil Applied to a Diesel Engine

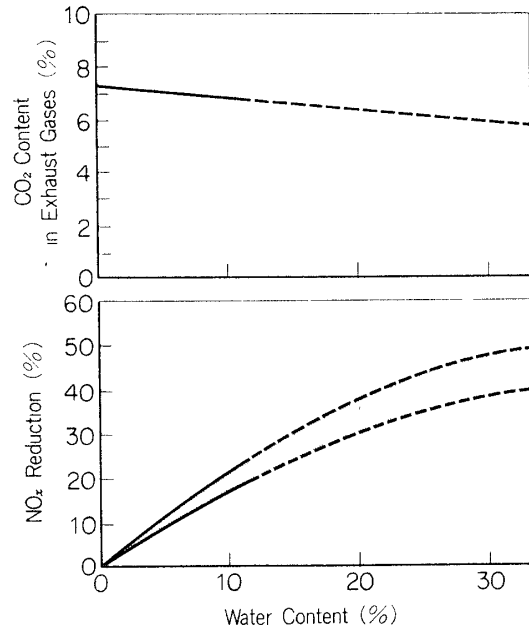
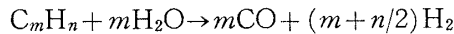
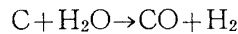


Fig. 2 Burning Performance of Gelled Kerosene Applied to a Boiler

火炎帯のなかのごく狭い最高温度領域の直後で突発的に濃度が増す。水を火炎に噴射する方法は、最高温度領域を一様に冷やす効果に乏しく、流れの方向にさかかって水を噴射するため、NO_x を減らすためには多量の水を要し、燃費の上昇が多くなると嫌われている。また、エンジンの腐食、発錆がはなはだしくなるという欠点もある。これに対し、ゲル化燃料において連続相としてコロイド状の油の粒子を包んでいる水は、少量でもきわめて有効に、火炎温度の低下に役立つため、NO_x が減少すると考えられる。

この燃料のもう一つの特徴として煤煙の発生が少ないことが見出された。

それは、



と表わされる水成ガス反応によって煤が消滅する方向に進むからであろう。ディーゼル・エンジンを搭載したバスやトラックがまき散らす煙による公害のひどさは、つとに認識されているところである。煙の抑制は完全燃焼へ近づくことも意味し、燃費の節約にもいくぶんかは貢献するであろう。

10 vol % 程度に水の含有量をとどめておけば、従来の乳化燃料のように着火がしにくかったり、炭化水素のエミッションが多くなる、といった欠点は現われず、潤滑剤の劣化を早めるおそれもない。

図 2 は集中暖房ボイラ (前田鉄工製セクショナル・ボイラ, 暖房能力 925000 kcal/hr, 燃

料消費量 140l/hr) でゲル化灯油を燃焼させ、 NO_x 減少率と炭酸ガス濃度を求めた結果である。炭酸ガス濃度から求めた熱効率は、たとえば水分 2.4%、界面活性剤 0.3%、灯油 97.3% の組成においては 78.9% と灯油の熱効率 79.3% と比べて測定精度内であり、ほぼ同等とみてよい。なお、 NO_x は化学蛍光法により分析した。

ゲル化燃料をボイラに使用する場合、配管などについて小規模の改造が必要ではあるが、燃焼条件を変えるにはおよばない。また、97 vol% を越える高濃度ゲル化燃料を用いれば、水の蒸発潜熱だけ減少する発熱量損失は完全燃焼により回復でき、燃費はほとんど増えない。

4. 連続式ゲル化燃料製造装置

水中油滴型ゲル化燃料の製造には独特の技術が必要である。筆者らは、非常に能率がよく、気泡を含まない良質のゲル化燃料製造法を確立した。写真 1 は実験室で使用するのに適した試作装置である。バッジ式でゲルをつくと、粘度が高いために、混合過程でどうしても気泡をまきこみ、それがゲルを不安定にし、物性がばらつかない品質のよいゲルができない。

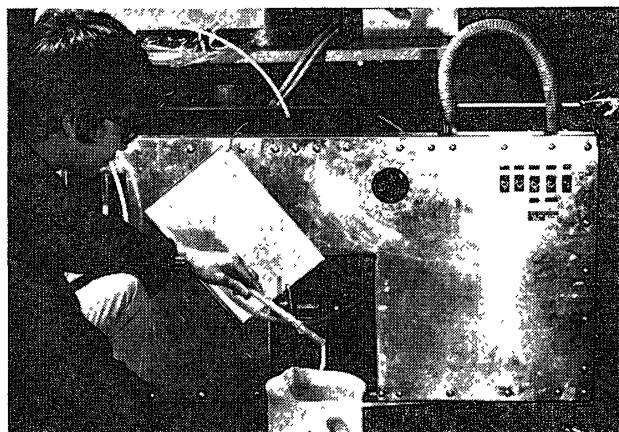


Photo. 1 A Tentative Apparatus for Continuous Preparation of Gelled Hydrocarbon-Fuel

連続式製造法はこれらの欠点を除き、ローリ、タンク車、タンカーなどに直接供給でき、パイプラインによる大量輸送の道を開いている。なお、三菱石油川崎工場にて年産 1 万 kl のパイロット・プラントが稼動を始めている。

5. おわりに

このゲル化燃料が安全面のほかに、排気ガス中の窒素酸化物と煙の濃度を減少させる特徴を持っていることが見出された。また、連続製造法の開発によって需要家に供給できる体勢もほぼ整った。

この燃料の問題点は、0.2~0.4 vol% はどうしても使わなければならぬ界面活性剤とゲル化のために、末端価格で 1l 当たり 2~3 円は一般燃料より高くなってしまっているところにある。安全と公害防止にはある程度コストが高くなるのはやむを得ないにしても、今後はゲル化燃料の質的向上とともに、コストを安くすると、この燃料の使用に対し、大衆の理解を求めることに一層の努力をしなければならないと考えている。

1973年5月8日 材料部

参 考 文 献

- [1] 岩間彬, 青柳鐘一郎, 相波哲朗, 本間幸吉, 木村元雄・東大宇宙研報告 **1**, 2 (B), 580-603 (1971).
- [2] 岩間彬, 石田博樹, 今関和夫: 同上 **8**, 2 (B), 419-425 (1972).
- [3] 岩間彬, 青柳鐘一郎, 木村元雄, 井原博之・燃料協会誌 **51**, 2, 79-94 (1972).
- [4] 岩間彬, 木村元雄: 化学工業 **22**, 3, 93-101 (1971).
- [5] 岩間彬, 木村元雄, 井原博之: 油脂 **24**, 4, 109-116 (1971); 同 **25**, 5, 121-125 (1971)
- [6] 岩間彬, 木村元雄, 羽室康正, 井原博之・安全工学 **11**, 3, 125-134 (1972).
- [7] 岩間彬 予防時報 No. 91, 35-41 (1972).
- [8] 岩間彬, 青柳鐘一郎, 木村元雄, 井原博之: MOL **10**, 3, 38-45 (1972).
- [9] 大熊順三: 近代消防 1973年 4 月 181-186 (1973).