

マッチング・ファンド方式による産学連携研究開発事業

---

# 廃棄プラスチックの高効率サーマル リサイクルシステムの構築

---

研究開発プロジェクト総括研究成果報告書

平成 13 年 3 月

総括代表者 平岡 正勝

(立命館大学総合理工学研究機構・エコテクノロジー研究センター長(客員教授))

企業分担代表者 近藤 元博

(トヨタ自動車株式会社・プラントエンジニアリング部・企画開発G・課長代理)

企業分担代表者 熊田 雅行

(株式会社タクマ・新エネ・環境本部・エネルギー技術部・副部長)

企業分担代表者 村川 忠夫

(日立造船株式会社・環境・プラント事業本部・システム本部長)

企業分担代表者 尾崎 弘憲

(川崎重工業株式会社・環境装置事業部・開発部・開発部長)

企業分担代表者 多田 和彦

(株式会社クボタ・ポンプ事業部 PY-PT・主査)

## 研究開発プロジェクトの背景・経緯と目的

廃棄プラスチックの発生量は増加の一途をたどり、国内では年間 910 万トン（1996 年）にも及び<sup>1)</sup>、その埋め立て処分場の確保が困難になっている。また、容器包装リサイクル法が施行されたのをはじめ家電リサイクル法が制定されるに至り、資源の有効利用の観点からも廃プラスチックのリサイクル率の向上が望まれており、これまでに様々な廃プラスチックのリサイクル手法が提案されている。プラスチックは石油を原料として生産されており、それに匹敵する高い発熱量を有しているため、化石燃料と同等の燃料となり得る。その性質を利用してごみ発電<sup>2)</sup>などによるエネルギー回収や、熱分解油化<sup>3)</sup>、ガス化<sup>4)</sup>などの燃料化技術が開発されているが、ごみ発電では、塩化水素等腐食性ガスの発生により高い蒸気温度を得ることが困難であり、低いエネルギーの回収率となる。また、燃料油化については、熱分解によって生成した油は原油のように様々な分子量の炭化水素を含んでおり、分留等の工程が必要となるほか、接触分解等の手法により経済性に優れた成分の回収率を高めることが可能であるが、処理コストが増加する。ガス化では、油化に比べてさらに高い熱分解温度が必要であり、最終製品の回収率が低くなる。また、微粉炭やコークスの代替として高い有効利用率を達成している高炉原料化<sup>5)</sup>によるリサイクル手法が実用化されているが、かさ高いプラスチックの輸送コストの面から、その利用は高炉近傍の範囲に限定されると考えられる。以上のことから、廃プラスチックの再利用手法として低コストかつ分散型処理システムの開発が強く望まれている。

このような状況にあって、立命館大学エコ・テクノロジー研究センターでは廃棄プラスチックリサイクルの新たな選択肢となり得る、高効率サマルリサイクルシステムおよび新燃料化の提案ならびにその開発を行ってきた<sup>6)</sup>。このシステムは、廃棄プラスチックを熱分解温度以下の温度で加熱・融液化させたプラスチックと油（重質炭化水素燃料）の混合燃料（液化ポリマ燃料）を生成し、これを大型ディーゼル機関用およびボイラ用燃料として利用するもので、実験によりポリエチレン（PE）、ポリプロピレン（PP）およびポリスチレン（PS）などの汎用樹脂について液化ポリマ燃料の生成を行い、それらの発熱特性およびディーゼル代替燃料としての必要な粘度範囲を確保するための温度条件ならびにプラスチックの混合割合の検討を行った。その結果、200℃以下の温度でプラスチックと重油の混合燃料を生成できること、また燃料ラインを150℃まで加熱することにより液化ポリマ中のプラスチックを20～30%まで含有できることを明らかにした。また、液化ポリマ燃料による小形ディーゼル機関実機での試験からその燃焼特性および排気特性について調査を行い、重油燃料と変わらない熱効率ならびに排気特性が得られることを明らかにした<sup>7)</sup>。ただ、液化ポリマ燃料は常温で高粘性のためディーゼル機関や定常燃焼器用バーナー燃料として利用するために高温に加熱する必要があるほか、一旦冷えると燃料ラインの閉塞がおこるため、既存設備での液化ポリマ燃料の利用は不可能であるほか、貯留や輸送に伴うハンドリング性に課題が残されていた。また、液化ポリマ燃料の実用化を前提とした中

型・大型ディーゼル発電システムおよびボイラーシステムでの実証試験ならびにそれに向けた燃料供給システムの開発や安全対策など装置・要素の開発が必要であったほか、後述のように本研究で開発された乳化燃料での実証試験の準備が必要であった。

以上のような経緯の中、本研究では立命館大学においてはハンドリング性の向上、処理コスト低減およびプラスチック含有率の向上のために、液化ポリマ?燃料の乳化燃料化技術の開発ならびに乳化燃料の物性、燃焼特性等について調査を行う。またその結果をもとに、乳化燃料化技術を融液化させた廃棄プラスチックと重油の液化ポリマ?燃料に適用する本システムが既存の処理システムに比べて経済性およびエネルギー効率的に優れていることを明らかにする。

一方、企業における開発研究では、液化ポリマ?燃料を用いたディーゼル発電システムおよびボイラーシステムでの実証試験を行い、その実用性について評価を行うとともに、各要素設計にかかわって多くの知見の蓄積を図る。また、乳化燃料を用いた実証試験の準備として、連続乳化装置の開発を行う。

#### 引用文献

- 1) 根本 謙一，環境管理，35- 3 (1999)，235-243.
- 2) 森谷 昭二，資源環境対策，30-11 (1994)，1015-1022.
- 3) Feng, Z., Zhao, J., Rockwell, J., Bailey, D., and Huffman, G., Fuel Processing Technology, 49- 1 (1996), 17-30.
- 4) 佐藤 隆夫，福岡 大作，今泉 隆司，杉山 秀子，千葉 信一郎，奥 秀一，松岡 慶，寺内 誠，十亀 盛男，第6回流動層シンポジウム講演論文集，(2000)，299-306.
- 5) 菅昌 徹朗，大垣 陽二，化学と工業，73- 8 (1999)，358-363.
- 6) 吉原 福全，平岡 正勝，西脇 一字ほか，公開特許広報，特開平 11-100582.
- 7) V.A. Soloiu, Y. Yoshihara, M. Hiraoka, K. Nishiwaki, " The Development and Investigation of a New Diesel Fuel Produced from Waste Plastic Polymers and Heavy Fuel Oil ", 第10回廃棄物学会講演論文集 ，(1999)，37-40.

## 研究組織

- ・ 総括代表者 平岡 正勝（立命館大学・エコテクノロジー研究センター・センター長）
- ・ 研究分担者 吉原 福全（立命館大学・理工学部・教授）
- ・ 研究分担者 西脇 一字（立命館大学・理工学部・教授）
- ・ 研究分担者 中西 康文（立命館大学・総合理工学研究機構・ポスドクトラルフェロー）
  
- ・ 企業分担代表者 近藤 元博（トヨタ自動車株式会社・プラントエンジニアリング部企画開発 G・課長代理）
- ・ 研究分担者 竹村 晋一（トヨタ自動車株式会社・プラントエンジニアリング部プラント計画室・課長）
- ・ 研究分担者 山口 正隆（トヨタ自動車株式会社・プラントエンジニアリング部企画開発 G・係長）
- ・ 研究分担者 光原 好人（トヨタ自動車株式会社・プラントエンジニアリング部プラント計画室・係長）
  
- ・ 企業分担代表者 熊田 雅行（株式会社タクマ 新エネ・環境本部・エネルギー技術部・副部長）
- ・ 研究分担者 小寺 保（株式会社タクマ 中央研究所・主席研究員）
- ・ 研究分担者 玉出 善紀（株式会社タクマ 新エネ・環境本部・新環境技術部・部長）
- ・ 研究分担者 神川 正巳（株式会社タクマ 新エネ・環境本部・エネルギー技術部・専任副部長）
- ・ 研究分担者 平山 浩（株式会社タクマ 新エネ・環境本部・エネルギー技術部第二課・課長代理）
- ・ 研究分担者 上田 英治（株式会社タクマ 新エネ・環境本部・エネルギー技術部第二課）
- ・ 研究分担者 川野 要助（株式会社タクマ 新エネ・環境本部・エネルギー技術部第二課）
- ・ 研究分担者 山出 行男（株式会社タクマ 新エネ・環境本部・事業推進部大阪工事課・課長）
- ・ 研究分担者 吉田 邦夫（株式会社タクマ 新エネ・環境本部・事業推進部・副部長）
- ・ 研究分担者 矢田部 正和（株式会社タクマ 新エネ・環境本部・事業推進部大阪工事課）
- ・ 研究分担者 池田 広司（株式会社タクマ 新エネ・環境本部・事業推進部営業企画課）
  
- ・ 企業分担代表者 村川 忠夫（日立造船株）・環境・プラント事業本部・システム本部・本部長）
- ・ 研究分担者 梅村 省三（日立造船株）・環境・プラント事業本部・システム本部・専門部長）
- ・ 研究分担者 安藤真一郎（日立造船株）・環境・プラント事業本部・プロセス機器部・部長）
- ・ 研究分担者 長井 健一（日立造船株）・環境・プラント事業本部・プロセス機器部・主席技師）
- ・ 研究分担者 廣常晃生（日立造船株）・環境・プラント事業本部・プロセス機器部・課長）
- ・ 研究分担者 濱 利雄（日立造船株）・環境・プラント事業本部・プロセス機器部・課長
- ・ 研究分担者 佐藤靖男（日立造船株）・環境・プラント事業本部・プロセス機器部・課長
- ・ 研究分担者 中野憲一（日立造船株）・環境・プラント事業本部・プロセス機器部）
- ・ 研究分担者 嶋崎伸吾（日立造船株）・環境・プラント事業本部・プロセス機器部）

- ・企業分担代表者 尾崎 弘憲（川崎重工業株式会社・環境装置事業部・開発部・開発部長）
- ・研究分担者 藤井 健一（川崎重工業株式会社・環境装置事業部・開発部・参事）
- ・研究分担者 岡島 重伸（川崎重工業株式会社・環境装置事業部・開発部・主事）
- ・研究分担者 竹田 航哉（川崎重工業株式会社・環境装置事業部・開発部）

- ・企業分担代表者 多田 和彦（株式会社クボタ・ポンプ事業部・PY-Pt・主査）
- ・研究分担者 猪川 弘徳（株式会社クボタ 枚方製造所 PY-Pt・主任技師）
- ・研究分担者 西岡 祐（株式会社クボタ 枚方製造所 PY-Pt・課長）
- ・研究分担者 稲生 順一（株式会社クボタ 枚方製造所 PY-Pt）
- ・研究分担者 松井 敏彦（株式会社クボタ 枚方製造所 PY-Pt）

研究期間 平成 12 年 3 月 17 日? 平成 13 年 3 月 31 日

#### 研究開発の実施状況等

##### (1) 研究開発の実施状況

液化ポリマ?燃料のハンドリング性の向上, 処理コスト低減ならびにプラスチック含有率の向上のために, 液化ポリマ?燃料の乳化燃料化技術の開発を行い, 得られた乳化燃料の物性, 燃焼特性について調査を実施した. その結果, 乳化燃料化技術を融液化させた廃棄プラスチックと重油の液化ポリマ?燃料に適用することにより, 既存のシステムに比べ極めて経済性に優れたエネルギー?効率の高い廃棄プラスチックの再商品化システムを構築できる見通しを得た.

また, 液化ポリマー燃料を用いたディーゼル発電システムおよびボイラーシステムでの実証試験を実施し, その実用性について評価を行ったほか, 各要素設計にかかわって多くの知見の蓄積を図ることができた. さらに, 乳化燃料を用いた実証試験の準備として, 連続乳化装置の開発を行った.

##### (2) 各研究機関の研究開発目標, 実施方法, 成果

###### (2-1) 立命館大学

液化ポリマー燃料のハンドリング性の向上, 処理コスト低減ならびにプラスチック含有率の向上のために, 液化ポリマ?燃料の乳化燃料化技術の開発および得られた乳化燃料の諸物性の把握を目的として本研究を実施した. その結果, 得られた乳化燃料は常温において凝固することがなく, 従来の噴射装置で微粒化できることから, ポリマー燃料に比べて極めて実用性の高い燃料であることがわかった. ただ, 乳化燃料の微粒化特性は重油とは異なるため, 乳化燃料を重油代替

として利用する場合、要求されるレベルまで微粒化を促進するためには噴射圧力を高めるなどの対策が必要であるが、乳化燃料は非ニュートン流体であるため、個々の燃焼器について噴射系とその微粒化特性の関係を個別に明らかにする必要があることがわかった。

また、液化ポリマー燃料および液化ポリマーから得られた乳化燃料を用いて、ディーゼル機関実機による燃焼試験を行い、その燃焼特性および排気特性について調査を行った結果、良好な機関運転を確認できた。また、供試機関の制約により十分な微粒化特性が得られず、熱効率は重油に比べて若干低下したが、乳化時のポリマー粒子の微細化や噴射圧力を高めることにより微粒化特性を改善することによって、熱効率もA重油と同等のレベルに高めることが可能であることが示唆された。

## (2-2) トヨタ自動車

廃棄プラスチックの高効率サーマルリサイクルシステムの構築の一環として、液化ポリマーのディーゼル発電プラントでの実証実験を行い最適運転パラメータおよび設計条件の把握を目指した。その結果、下記の知見を得ることが出来た。

エンジン仕様および運転条件を同じにすると、A重油運転と比較して、高負荷において液化ポリマー油運転の燃費が若干悪化する。また、低負荷において、液化ポリマー燃料運転のスモークはA重油運転のスモークと比較して悪化する傾向であるが、高負荷においては改善される。液化ポリマー燃料のスモーク特性はポリマーの介在で、A重油のスモーク特性と異なった挙動を示した。液化ポリマー燃料のNOx特性はスモークや燃費とトレード・オフの関係にあることが確認できた。

A重油運転と比較して液化ポリマー燃料運転では、燃料噴射時期が遅れ、燃料噴射圧力の増大を伴わずに燃料噴射終わりが遅れる。このため、液化ポリマー油運転での最高燃焼圧力がA重油でのものに比較して大きく低下する傾向を示している。しかしながら、液化ポリマー油の着火特性はA重油のその特性に比較しても劣っていない。液化ポリマー油運転の燃焼期間はA重油のその期間に比較して増大している。これらのことが燃費悪化の要因と考えられ、排気温度増大要因になっている。

液化ポリマー油運転において、燃費とスモークの改善を計る上で、燃料噴射時期を進めることは有効な手法であることがわかった。しかし、液化ポリマー燃料運転では、エンジンの出力が約90%程度に制約された。

液化ポリマー油をディーゼル発電プラントに用いる場合、始動運転、暖機、切換運転および停止操作において樹脂分の析出を避ける運用上の方法について系統的に再考すべきであることがわかった。液化ポリマー燃料から樹脂分の析出と溶融の挙動について十分調査が必要である。

液化ポリマー燃料運転中の樹脂分の析出は、ディーゼル発電プラントの保全において予測で

きない事象がocこり得る可能性もあり、プラントの耐久性と信頼性についてのさらなる確認が必要である。

液化ポリマー燃料の経済性評価において、樹脂分の混合比率増加が重要な要素である。この点において、液化ポリマー燃料発電プラントの運用上、費用対効果の面からも矛盾するため、プラントの設計において樹脂混合比率は技術的にも経済的にも十分な検討を要する課題であることが明らかになった。

#### (2-3) 株式会社タクマ

廃棄プラスチックの新燃料化を目的として、重油との混合により融液化した廃棄プラスチック（液化ポリマー燃料）のボイラーにおける燃焼試験を行い、最適運転パラメータの選定および耐久試験、性能評価を行い実用化に向けての研究開発を実施した。試験は自動車用プラスチック部品製造過程で発生する廃棄プラスチックを重油と混合した液化ポリマー燃料について行った。

その結果、液化ポリマーはプラスチック混入比率により粘度が著しく変化する事からハンドリングおよび着火性能に大きな影響を及ぼす事が判明した。また、構成部品の耐熱温度との関係からプラスチック混入比率 12.5%までの試験を実施したが、着火後の燃焼性能としては重油専焼と大差ない結果が得られたほか、当初燃焼継続安定性の観点から断熱燃焼炉内で試験を実施したが上記プラスチック混入比率において水冷壁火炉内でも充分安定燃焼する知見が得られた。さらに、燃焼排ガス成分においても重油専焼時と比較して大差ない数値が得られた。

#### (2-4) 日立造船株式会社

液化ポリマー燃料装置の実用化を目的に、1 バッチ 200?規模の製造装置を製作し、自動車用プラスチック部品製造過程で発生する廃棄プラスチックを使用して、液化ポリマー燃料製造装置の実用化研究を行なうと共に、液化ポリマーの燃料利用の実証実験用の液化ポリマー燃料の製造・供給を行い、以下に示す装置設計上の有用な知見を得た。

液化ポリマー溶融槽の石器において、溶解温度 220 では揮発ガス量がほとんどない状態で廃プラスチックの溶解が可能であり、10mm 大の廃プラスチックフラフを完全に溶解するためには 45 分間の保持が必要であること、および必要保持時間はプラスチックのサイズで異なり、厚みのあるプラスチックについては溶解保持時間の検討が必要であることがわかった。また、液化槽ボトムからスラッジの減圧引き抜きは有効であること、配管内での固化トラブルを防ぐためには予め 150 以上にしておく必要があること、配管内を A 重油で洗浄する際には加熱（150 以上）する必要があることを明らかにするとともに、廃プラスチックの投入口を水冷管とすることでプラスチックの融着問題を回避できる等の知見を得た。さらに、液化槽や貯留槽の負圧対策として窒素ガスの自動投入方式は有効であり、液化槽や貯留槽から融液を排出するときにも負圧に

なることはないが、気化ガスが充満しているような液化槽に冷たい重油を入れるときにガスの凝縮により貯槽が負圧になるので、予め加熱したA重油を使用するか、十分な窒素ガスが供給されるような配慮が必要であることを示した。

ポリマー燃料のハンドリング技術の確立について、液化ポリマーの輸送動力は粘度から算定できることを明らかにするとともに、数ミリ程度の塗装片異物は液化ポリマーの輸送上支障はないことを示した。

また、以上の知見に基づき連続処理システム例を示した。

#### (2-5) 川崎重工業株式会社

液化ポリマー燃料/乳化燃料を対象とした中・小型ディーゼル発電装置の適用を目的として、廃プラスチックの液化ポリマー燃料について基礎データの収集を行い、その結果に基づき、ディーゼル機関（小型高速機関）での利用を前提とする場合、粘度の制約からPE（Mw=60,000）では5%、PP（Mw=12,000）では25%、PP（Mw=120,000）では5%のポリマー燃料が使用可能であることを明らかにした。

また、ディーゼル用の圧力噴霧ノズルを用いて乳化燃料の噴霧粒径の計測を行い、その結果、220 kgf/cm<sup>2</sup>の噴霧条件では軽油燃料で33 μmに対し、乳化燃料では57? 300 μmと粗大化傾向を示すものの、噴霧圧力の増大で微粒化が促進されることを明らかにした。また、乳化処理を促進することにより懸濁粒子径が微細化し、見かけの粘度は増大傾向となるものの、噴霧粒径は微粒化できることを明らかにした。

#### (2-6) 株式会社クボタ

樹脂充填剤や増量剤のほかに、さまざまな目的でプラスチックに混合されるタルクは、ディーゼル機関に適用させる際に噴射弁や噴射ポンプに金属磨耗を引き起こす可能性があり、このようなタルク混入廃棄プラスチックをディーゼル燃料として使用するにはタルクの除去が必要である。そこで、本研究では重力沈降法、フィルター法および遠心分離法の三種類の方法で分離実験を行った。その結果、遠心分離法が有用であることを明らかにするとともに、タルクを含んだ液化ポリマーの性状を把握した条件で分離を行うことにより、連続処理が可能となることを示した。

また、一般廃棄物系プラスチックを対象とした液化ポリマー燃料化において、有機塩素系プラスチック、PET、および熱硬化性樹脂の混入は燃料性状低下の原因になることから、処理対象から除外する必要がある。本研究では溶解過程における有機塩素系プラスチック、PETなどの難溶解性プラスチックの分離除去技術の開発を行い、分離・除去コストの低減化を目指した。その結果、液化ポリマー生成温度が220℃では一般廃棄物系プラスチックに含まれるPVC、PVDCから2000ppmを超す塩素分の発生、溶出が見られ燃料油としては使用できない可能性

があること、液化ポリマー生成温度を 130? 150 とすることで、塩素分の溶出を抑えられることを示した。また、150 の溶解温度でのメッシュ 20 と 80 のフィルターを用いた燃料化不適物の分離実験の結果、分離におけるメッシュの差は見られず、20 メッシュ以上で良好に分離できることを示した。さらに、商用運転ではこれら難溶解性プラスチックは液化槽の下に沈殿するため、これらの連続抜き出しについて実証試験を行い、問題なく抜き出せることを明らかにした。

## まとめ

### (1) 当該研究プロジェクト全体の進捗状況および成果のまとめ

企業研究の結果から液化ポリマー燃料を用いたディーゼル発電システムおよびボイラーシステムでの実証試験を実施し、その実用性について評価を行うとともに、各要素設計にかかわって多くの知見の蓄積を図ることができた。また、大学における研究結果から、液化ポリマー燃料の乳化燃料化技術の開発を行い、液化ポリマー燃料のハンドリング性の向上、処理コスト低減ならびにプラスチック含有率の向上を図ることが可能となり、既存のシステムに比べ極めて経済性に優れたエネルギー効率の高い廃棄プラスチックの再商品化システムを構築できる見通しを得ることができ、当初の計画通りの成果を得ることができた。

さらに、企業および大学における研究結果に基づき、液化ポリマー燃料の乳化燃料化技術を用いた廃棄プラスチックの新燃料化による再商品化事業について総合評価を行った結果、その処理コストは約 4 万円/t と見積もられ、液化ポリマー燃料の乳化燃料化による廃棄プラスチックの再商品化事業として経済的に成立する可能性が高いことがわかった。また、エネルギー的な側面から、プラスチックを都市ごみとして焼却処理する場合に比べて本技術では約 3 倍の有効エネルギーを取り出すことが可能であるほか、仮に既存設備で処理できない全廃棄プラスチック 830 万 t/y を対象とすると、原油 470 万 t/年に相当する新燃料を新たに創出できることがわかった。

### (2) 今後の展開

#### ・実用化予定

本実証実験により液化ポリマー燃料でのディーゼル発電プラントおよびボイラーシステムの運転に関する実用化のための多くの知見を得る事が出来た。しかし、液化ポリマー燃料については常温で固化するため、燃料ラインの加熱・保温が必要であるなど、既存システムへの適用には制約があるほか、貯留や輸送に伴うハンドリング性に課題があり、更なる改善が望まれる。その改善を目指して立命館大学エコテクノロジー研究センターにおいて開発された乳化燃料化技術はこの問題点を解決する技術であり、また、その実用化開発に当たっては今回得られた知見が十分に活用できるものと思われる。今後は廃プラスチックの乳化燃料化による新燃料化および高効率サーマルリサイクルシステムの構築を目指して研究開発を進めていく。

また、実用化に対する各社の取り組みは以下のようである。

トヨタ自動車(株)においては、ゼロエミッション技術の確立の一環として、自動車製造工程から排出される再利用不可能な廃棄プラスチックを対象とした高度サ?マルリサイクルシステムの確立を目的として、本システムを工場毎の分散型発電システムと位置付け、廃プラスチックを発生する4工場(3600t/年)に500?1000kwクラスの発電システムを平成15年度より順次導入を予定している。

(株)タクマにおいては廃棄プラスチックの再商品化の事業化を行うためにタクマ出資によるプラスチックリサイクル会社を設立し、民間熱供給事業を行う。

日立造船(株)においては、本システムによる廃棄プラスチックの燃料化システムの製造・販売を予定している。

(株)クボタにおいては、廃棄プラスチック再商品化事業の拡大を図る。同社はこれまでに、油化、液化プラントの製造・販売に実績を有しており、これらに加えて乳化燃料化技術の導入を図る。また、既存油化プラントより生産される油化燃料をA重油代替として利用するなど、既存油化プラントとの連携により、経済性の高い処理システムの製造・販売を予定している。

川崎重工業(株)においては、独自に開発を行っている廃棄プラスチック処理システムに乳化燃料化技術の導入を図るとともに、液化ポリマ?および乳化燃料用の大型ディ?ゼル機関、ボイラ、工業炉等の製造・販売を予定している。

#### ・研究体制，方法等

融液化させた廃棄プラスチックと重油の液化ポリマ?燃料の乳化燃料化により、エネルギー効率の高い廃棄プラスチックの再商品化システムを構築できる見通しを得たが、本システムの実用化には以下の事柄について研究開発を行う必要がある。

#### i. 乳化燃料化プロセスの開発および最適化

乳化燃料化では燃料の着火性の確保のため水の含有率は低い方が望ましいが、低NO<sub>x</sub>化の面からは含水率が高いほどその効果が顕著であり、30?50%の含水率の乳化燃料が一般的である。一方、低粘度化を目的とした乳化では、水が連続相となるO/W型が用いられ、この場合含水率は約30%まで低減できるが、そのためには液化ポリマ?粒子径や粒度分布を適切に保つ必要がある。さらに燃料の微粒化特性などを考慮するとその平均粒子径は小さいことが望まれる。以上のように乳化燃料には種々の要件が課せられるが、これら乳化燃料の性状は乳化プロセスと密接に関わっており、温度、圧力などの乳化条件、乳化装置の形式を選定するとともに、装置の設計・開発が必要である。また、本研究では常温、大気圧で乳化を行ったため、安価な非イオン系界面活性剤を利用できたが、ポリマ?燃料中のプラスチック含有量が高い条件あるいはABS樹脂を含む混合プラスチックの乳化燃

料化においては、100 上回る条件での乳化が必要となる。このような場合、非イオン系界面活性剤等鈍点の高いものを選定する必要がある等、最適な界面活性剤の選択が必要である。

ii. 乳化燃料の物理的、化学的諸物性の調査

乳化燃料の粘度特性、微粒化特性、噴射特性などの物理的性質ならびに燃焼特性、排ガス特性などの化学的性質の調査を行う。特に、非ニュートン流体である乳化燃料では、静止状態に近い状態と強い剪断力下での粘度は著しく異なる。これは、静止状態に近い状態では界面活性効果による表面張力により粘度が支配されるのに対し、強剪断力下で界面活性効果が相対的に低下するためである。一般に、ディーゼル機関用燃料の適正粘度は1? 30cSt程度であると言われているが、非ニュートン流体にはあてはまらないので、新たに、微粒化特性と粘度の関係あるいは、乳化粒子径と微粒化特性について知見を蓄積する必要がある。

iii. ディーゼル機関およびボイラ?への適用

産業系廃棄プラスチックや一般系廃棄プラスチックから生成した乳化燃料は、一般に燃料性状が異なる可能性があり、個々の乳化燃料について、ディーゼル機関およびボイラ?などの既存システムで実証試験を行う必要がある。

iv. 乳化燃料製造コストの低減

融液化させた廃棄プラスチックと重油の液化ポリマ?燃料の乳化燃料化を骨子とする本システムは、後述のように既存処理システムに比べ極めて高い経済性を有するが、更なる経済性を高めるために、液化ポリマーの生成にA重油（25? 30 円/kg）の代わりにコストの低いC重油（15? 25 円/kg）や廃オイル（約10 円/kg）などの低質油を用いることや燃料化不適物の選別工程の合理化などに取り組む必要がある。

本研究では、基礎研究、製造装置に関する研究、ボイラ?燃焼実証研究、ディーゼル発電実証研究とそれぞれの分野で実績のある大学・企業がそれぞれ担当して研究を効率良く完遂した。今後もこのような共同研究体制を維持し、基礎データを共有することにより、開発コストの削減を図りつつ、製品化および事業化においては各社自由経済の中で競争することを確認している。

キーワード

廃棄プラスチック、新燃料、サーマルリサイクリング、代替エネルギー、ディーゼル燃料、ボイラ?燃料

Waste plastics, New fuels, Thermal Recycling, Alternative Energy, Diesel Fuel, Boiler Fuel

研究成果発表

- Soloiu V. A., Yoshihara Y., Hiraoka M., Nishiwaki K., Mitsuhara Y. and Nakanishi Y., “The Investigation of a New Diesel Fuel Produced from Waste Plastics”, Proceedings of the 6th International Symposium on Marine Engineering, 2000, Vol. , pp. 403-408.
- Mitsuhara Y., Nakanishi Y., Yoshihara Y. and Hiraoka M, “The Investigation of a New Thermal Recycling System for Production of fuel from Waste Plastics”, 2001, Proceedings of the 23rd CIMAC,2001, Vol. , pp.1207–1213.
- 光原, 中西, 吉原, 西脇, 平岡, ”廃プラスチック・重油混合燃料のディーゼル機関への適用”, 日本機械学会論文集 (投稿中)
- 光原, 近藤, 竹村, 山口, 平岡, 吉原, 中西, 増田, “ 廃プラスチックの液化燃料サーマルリサイクルシステム構築に関する研究 ”, 化学工学会第 66 回年会, 2000, S8.346
- 光原, 近藤, 平岡, 吉原, 中西, “ 廃プラスチックの液化, 燃料特性に関する研究 ” 第 33 回秋季化学工学会, 化学工学会, 2000, SB3.6
- 中西, 吉原, 平岡, 西脇, 光原 “ 廃プラスチック・重油混合燃料のディーゼル機関への適用 “ , 第 16 回内燃機関シンポジウム講演論文集, 2000, pp.461-466