
 Introduction of Research Group

 新潟大学 工学部 化学システム工学科
 清水研究室


1. 研究室概要

私たちの研究室は、新潟大学自然科学系工学部化学システム工学科（化学工学コース）に属し、大学院では材料生産システム専攻素材生産科学教育研究群材料生産プロセス工学教育研究分野を担当しています。学部の授業ではプロセスシステム工学 I, II を担当し主に化学プラントの PID 制御を教え、大学院ではエネルギー関連のプロセス設計に関する授業を担当しています。現在の人員は、研究スタッフ 1 名（助教授 清水忠明）、学生 8 名（国費留学生博士後期課程 1 名、博士前期課程（修士）3 名、学部学生 4 名）です。写真は研究室一同の集合写真です。後ろに見えるのは組み上げたばかりの新しい小型循環流動層燃焼装置です。

主な研究設備は、小型気泡流動層ホットモデル 4 台（いろいろ用途が違います）、小型循環流動層燃焼装置 2 台（うち 1 台は休止中）、固定層反応装置数台、高温スラグ上石炭チャーガス化装置、熱重量分析装置、ガス連続分析装置（ NO_x , SO_2 , O_2 , CO_2 , CO , 全ガス状炭化水素）、ガスクロマトグラフ（検出器 TCD）などです。購入した装置もありますが、自作・改造した物もかなり重要な位置を占めていまして、例えば高温チャーガス化装置でのチャーバッチガス化時の CO 発生経時変化を見るには、セ

ンサー素子を購入し自分で組み立てた CO センサーを使っています（通常の赤外線吸収式 CO 濃度計では、前処理部や吸光セルの時定数のために応答が遅くて誤差が大きくなります）。

2. 研究テーマ

この研究室では、石炭・廃棄物・バイオマスなど固体燃料の流動層燃焼を中心にして、エネルギーと環境の調和を目指した研究を行っています。具体的な流動層燃焼の研究項目としては、石炭燃焼時の NO_x , SO_2 , N_2O （温室効果ガス）の同時低減、ならびに廃棄物・バイオマスの低 NO_x 化とダイオキシン前駆体（未燃炭素・炭化水素）の排出低減を行っています。特に後者の廃棄物・バイオマスの利用に際しては、燃料の揮発分含有率が高いことから、揮発分の炉内転化率をいかに向上させるかが課題となっています。そのため、多孔質アルミナなどの機能性粒子を流動媒体として用いることで、多孔質内表面上に揮発分を固体炭素として析出させる、いわゆる容量効果（図 1）を用いることを提案しました。この効果により、揮発分中炭素の炉内保持時間の延長とそれに伴う炭素の水平方向拡散促進、揮発分放出抑制によるフリーボードでの局所的な燃焼の抑制、揮発分発生速度の変動

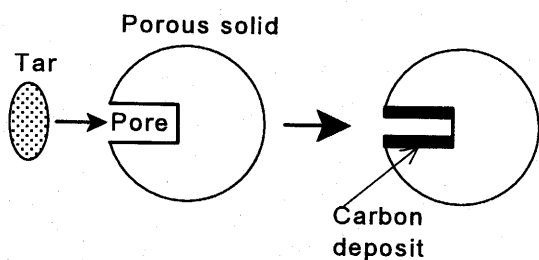


図1 容量効果の模式図

に伴う空気比の変動抑制などの効果が期待できます(図2)。2次元小型気泡流動層燃焼装置を用いて、これらの効果があることを実際に確かめるとともに、結果として未燃分ならびにダイオキシンの排出低減効果があることを示してきました^{脚注1)}。また、多孔質粒子の粒子密度が低いことから、濃厚層と燃料の間の伝熱係数を低減できることを高温流動層内の伝熱係数の測定、気泡挙動観察による理論的解析などを通じて示し、それによって燃料からの揮発分放出速度を抑制する効果があることを紫外線火炎センサー式揮発分発生測定装置(自作)を使って示しました。

なお、石炭の流動層燃焼の場合で、 N_2O 分解触媒(脱硫剤CaOも含めて)を流動媒体に用いると通常は NO_x が増加するのですが、ある特定の多孔質アルミナだけは、 NO_x も低減できることがわかりました。一方、別の種類のアルミナを用いると、 NO_x は増加しました。この特定のアルミナによる NO_x 低減メカニズムも検討していますが、機構はまだ分かっていません。

現在では、代替流動媒体によるバイオマス流動層燃焼

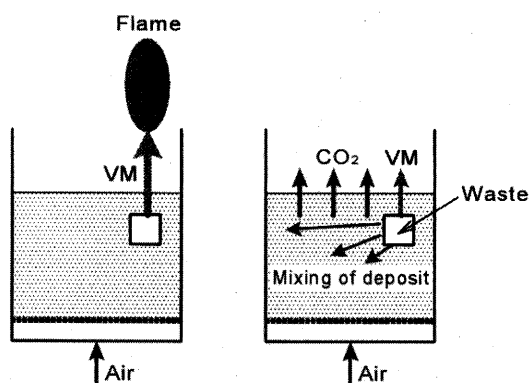


図2 容量効果を持つ流動媒体を適用した流動層燃焼の持つメリット(左:砂などの非多孔質粒子の場合、右:多孔質粒子の場合)

脚注1) これらの成果により、日本エネルギー学会から平成13年度進歩賞学術部門“流動層燃焼における汚染物質排出低減に関する研究”，ならびに平成14年度論文賞“多孔質粒子流動媒体による気泡流動層燃焼炉からの未燃分と NO_x の同時排出低減”をいただきました。記して関係各位に感謝します。

時の炉内粒子焼結防止と NO_x ・未燃分低減の同時達成を目指して、小型装置を用いたもみ殻の燃焼実験を行っています。バイオマスにはカリウムなどアルカリ金属が含まれていて、流動媒体(シリカ)と反応して低融点物質を作って熔融・焼結を引き起こし、流動不良が起こることが問題になっています。内径5.3cmの円筒形気泡流動層燃焼装置を用いた実験で、非シリカ系の多孔質粒子によって流動不良を防止しつつ、先に述べた容量効果、 NO_x 低減のメリットが生かせることがわかりました。バイオマス流動層燃焼時の流動不良問題に関しては、オリビン砂(非シリカ系非多孔質天然鉱物)を流動媒体に用いて実験を行いました。もみ殻燃焼では流動不良がシリカ砂とほぼ同様におき、現在ではそのメカニズム解明と対策のため、透明石英の気泡流動層燃焼装置を作成し、流動状態の目視観察を行っています。電気炉には観察用開口部を開けて、石英板の窓を取り付けて観察を試みています。窓には赤外線反射率が高い材質として、厚み約 $0.15\mu m$ の金箔を貼り付けて使用しています。この金箔は金沢の伝統工芸品で、この程度の薄さ(可視光の波長)ですと透けて見えます。以上述べた多孔質流動媒体を用いた流動層燃焼・ガス化プロセスで期待できる効果を図3にまとめて示します。

実験のほかにも、反応工学的な理論解析を行っています。石炭の加圧流動層燃焼装置内の石灰石による脱硫に関して、電源開発(株)若松71MWe実証プラントの運転データの解析を行い、石灰石の磨耗速度の定量的把握および磨耗する石灰石による脱硫のモデル化を通じて、加圧流動層燃焼の簡便的な脱硫モデルを提案し、それに基づいて脱硫性能の予測式を提案しました。この分野の研究に関して、昨年8月から今年の5月まで、フィンランドの研究機関VTTのSaastamoinen博士を客員研究員として受け入れ、磨耗のある系における脱硫挙動および流動層内粒子径分布の理論的検討を共同で行いました。

また、燃焼排ガスからの CO_2 分離除去の研究をこれまでに行い、 $CO_2 + CaO \rightarrow CaCO_3$ の反応による排ガスからの CO_2 分離と酸素燃焼による加熱を通じての $CaCO_3$ から

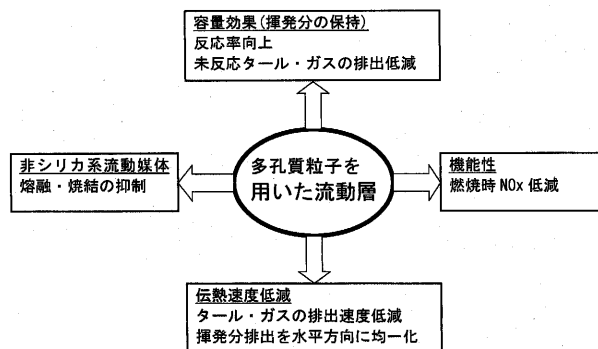


図3 多孔質粒子を用いた流動層燃焼・ガス化の特長

のCaOの再生を組み合わせたプロセスを提案し、プロセス概念設計と、吸収反応速度の実測値に基づいたリアクター設計計算を行いました^{脚注2)}。

石炭ガス化に関して、NEDOの石炭利用基盤技術開発(Brain-C)プロジェクトに参画し、スラグ壁面でのチャー捕集と反応のバランスからスラグ壁に到達したチャーがスラグに付着するか否かの確率を与える簡単なモデルを提案し、簡単な形状の実験装置によって実証しました。このモデルはBrain-Cプロジェクトの成果であるガス化炉モデルにオプションの一つとして組み込まれています。

脚注2) 平間, 細田, 北野, 清水, “二酸化炭素含有ガスからの二酸化炭素分離方法及び装置と, 二酸化炭素分離機能を有する燃焼装置” 特許2710267 (通産省工業技術院(当時) 所有)

3. おわりに

これらの研究を通じて、より高度なエネルギーの利用と環境対策を同時に達成することに少しでも寄与できて社会貢献ができればと願っております。研究室のWebページ (<http://tshimizu.eng.niigata-u.ac.jp/index.htm>) にも研究紹介を載せています。これからも皆様のご鞭撻を賜りたくお願い申し上げます。

連絡先：〒 950-2181 新潟市五十嵐二の町 8050
新潟大学工学部化学システム工学科
清水 忠明
TEL & FAX : 025-262-6783
E-mail : tshimizu@eng.niigata-u.ac.jp