

窯業用低環境負荷バーナーの特性評価

加藤正樹^{*1}、不二門義仁^{*2}

Combustion Characteristics of a Twin fuel Ceramic Burner

Masaki KATO and Yoshihito FUJITO

Research and Development Division, AITEC^{*1} Seto Ceramic Reserch Center, AITEC^{*2}

窯業は焼成工程でLPガス等を大量に必要とするが、廃プラスチックの熱化学的利用も可能と考えられる。そこで、焼成用助燃料に廃PETを利用するための先駆的検討として、LPガス/廃PET粉末を混合燃焼可能なバーナーの開発を行った。バーナー構造の検討の結果、混合燃料の連続燃焼及び雰囲気中のCO濃度制御が可能となり、成形体の試作焼成に成功した。また、調査の結果、廃PETの低コスト燃料化及び新バーナーのレトロフィット利用についても可能性を見いだした。

1. はじめに

陶磁器、セラミックス材料等の窯業（無機材）製品は、金属、有機材（プラスチック等）と並ぶ3大材料の一つであるが、競合材料に比較して消費エネルギーが高い点などが問題点として指摘されている。その大きな理由の一つに、高温焼成（加熱による緻密化・相変化等）工程が挙げられ、省エネルギーによる低コスト化が強く求められている。

現在、窯業で主として使用されているLPガスは、バージンの石油系資源を使用するものであり、資源活用の観点からは他原料との代替余地が大きい。また、国内販売における流通経費の割合が大きい点もコスト上の課題と考えられる。

一方、食品容器として広く普及しているPETボトルはバージンPET樹脂から製造されるワンウェイ容器でリサイクルの必要性が高いと言われており、主としてマテリアル・リサイクルの観点から多角的な検討が進められている。しかし、例えば、繊維原料にする場合は無色樹脂にする必要がある等、技術的な制約がある。また、急速に向上する回収率と再利用品の普及の間に大きなアンバランスが生じており、早急に解消すべき課題となっている。

白磁器等の焼成では、化学的還元による脱色・白色化を行うため、加熱と同時にCOによる還元雰囲気焼成を行っているが廃PET樹脂を助燃料として用いることは、この還元雰囲気の生成にも有効である。

本研究では、一定温度以上の領域における焼成用助燃料として廃PET樹脂粉末を利用するための先駆的検討として、廃PET再利用技術と低環境負荷燃焼制

御技術を組み合わせた新しいバーナーの開発を試み、廃プラスチック有効利用にも寄与する窯業用低環境負荷バーナーの実用化の可能性について検討を行った。

2. 実験方法

2.1 窯業用低環境負荷バーナー試作品の評価

市販のLPガスバーナーをベースにバーナー構造を検討し、連続的に固/気混合燃焼が可能なバーナーの開発を試みた。更に、本バーナーを用いた焼成試験炉を作成して各種条件での燃焼試験を実施し、火炎の直接観察、燃焼状態の観察、炉内温度及び雰囲気（CO等）について検討を行った。

2.2 燃焼試験片の品質に関する検討

湿式鑄込成形法による評価用試験片及び実形状品（カップ）を、助燃料の混合率を一定にした試験炉で焼成した。実験炉では、素焼温度（約800℃）以上の領域から助燃料として廃PET粉末を用いた焼成を行い、試験片の焼成状態及び品質について検討を行った。実形状品（カップ）の試作品は、染付及び上絵付技法による加飾も試みた。まず、市販の磁器質原料（マルイエロー3号）で作製したスラリーを用い、排泥鑄込成形法でカップ状のグリーン成形体を作製し、通常の高スルット焼成（800℃・1時間）により素焼成形体を得た。染付品は、素焼した成形体に水でスラリー化した染付顔料を用いて青色の加飾を行った後、磁器用透明釉薬（溶融点1275℃）で施釉、本焼成（最高温度約1300℃、CO還元雰囲気）した。また、上絵付品は、素焼及び本焼成を通常の高スルット焼成で行った試料に、有色顔料（市販品 伊勢久製）で加飾後、焼付処理（800℃、酸化雰囲気）した。評価用試験片は以下の手順で作製した。

^{*1} 基盤技術部 ^{*2} 瀬戸窯業技術センター 開発技術室

前記のスラリーを用いて、食器用磁器の曲げ強さ評価方法（日本セラミックス協会規格：JCRS 203-1996）に準拠した形状及び方法により鑄込成形を行い、断面が長方形の角柱状グリーン試験片を得た。測定・評価は、色調（分光反射率曲線及び白色度）、表面状態の観察、機械的強度（3点曲げ試験）、生成相の同定等により評価した。

2.3 再生PET樹脂の低コスト燃料化技術及び新バーナーのレトロフィットに関する技術的・経済的調査

文献・特許調査、企業・業界団体に対するヒアリング調査等を行った。特に、廃PET樹脂を助燃料化することに関する未詳部分の現状について知見を得た。

3．実験結果及び考察

3.1 窯業用低環境負荷バーナー試作品の評価

バーナーについては、PET粉末供給ノズルのノズルサイズ、位置等を詳細に検討した結果、乱流予混合火炎形態を保ったままPET粉末を供給し、PET粉末を火炎燃焼領域に直接供給することが可能となった。その結果、LPガスとPET粉末を任意の混合比（熱量換算：PET/LPガス=0～3/7）で供給でき、ノズル閉塞等のない安定動作が可能となった。連続的に固/気混合燃焼しても保炎器内部及びガラス管壁面へのPET粉末の付着はわずかであった。

また、炉内雰囲気測定結果から、混焼時にもCO還元雰囲気を形成できることが明らかになった。PET粉末の供給タイミングを最適化することで、未燃焼分の発生は抑制され、また炉内では完全に燃焼した。

3.2 焼成試験片の品質に関する検討

焼成した実形状試作品及び評価用試験片は、ともに割れ等の破損を生じることなく、いずれも焼成に成功した。写真1に実形状試作品を示す。



写真1 実形状試作品（左：染付、右：上絵付）

この時は還元開始時期及びCO濃度が適切でなく、化学的還元が不十分だったため、白色化が不完全で若干黄色がかった色調となったが、還元開始時期およびCO濃度の調節により改善可能である。釉薬の熔融状態及び炉内温度測定の結果から、炉内温度は、本焼成温度の1300

近傍に到達したことが確認された。したがって助燃料を使用した場合にも安定して最高温度を保持するとともに、CO還元雰囲気を形成・維持できることがわかった。また、無施釉試験片の3点曲げ強度は65～75MPaの範囲にあり、今回用いた原料から得られる磁器の曲げ強度としては十分な値が得られた。

焼成試験片の粉末X線回折測定結果の例を図1に示すが、結晶相としてMulliteおよびQuartzが晶出しており、焼成体が磁器化していることが分かる。

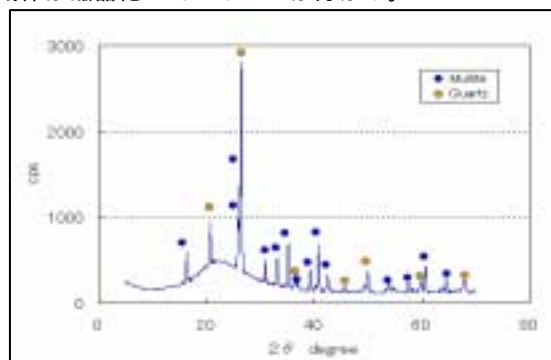


図1 焼成試験片の粉末X線回折測定結果

3.3 廃PET樹脂の低コスト燃料化技術及び新バーナーのレトロフィットに関する技術的・経済的調査

助燃料の製造条件の最適化により、普及段階では価格をLPガス価格に近づけられる可能性があると考えられる。

また、本バーナーは従来バーナーと同等の外観寸法であるため、粉体関連の付帯設備の設置により既設の焼成炉へのレトロフィットも可能と考えられる。

4．結び

一定温度以上の領域で助燃料として廃PET粉末を用いる、新規な窯業用低環境負荷バーナーの開発を行うとともに、試作品の焼成試験を実施し、次の結果を得た。

- (1) 新規な構造を有するバーナー、LPガス/廃PET粉末の安定・連続燃焼が可能で、混焼時にもCO還元雰囲気を形成することができた。
- (2) 焼成試験炉で試作品および試験片を焼成した結果、通常の焼成品と同等の結果が得られた。
- (3) 廃PET樹脂混合による低コスト燃料化技術及び新バーナーのレトロフィットについても、適用できる可能性があることがわかった。

付記

平成13年度産業技術研究助成事業「廃PET粉末を助燃料とする窯業用低環境負荷バーナーの開発」により、名古屋工業大学・機械工学科と共同で実施した。なお、本研究は、新エネルギー・産業技術総合開発機構のものである。