

バイオマス熱分解を利用した化学工場の廃熱エクセルギー再生法の提案とそのCO₂削減効果の定量的検討

堀内聡

キーワード: バイオマス、熱分解、エネルギー、エクセルギー、工場廃熱、CO₂削減

1. 背景・目的

製造業のなかで最大のエネルギー消費を占めている化学産業でのCO₂削減を考えた場合、大量の低温廃熱を抑制することが不可欠である。しかし、低温廃熱は低エクセルギーでもはや熱利用できる状態にない。我々は、これを打破する手段として、バイオマスの化学反応（吸熱反応）を利用して、この低エクセルギーの廃熱を高エクセルギーの化学結合エネルギーとして（熱分解反応生成物の中に）貯蔵し利用していく方法を提案した。本法では、廃熱回収に加えてバイオマス導入によって、化学工場に大きなCO₂削減効果をもたらすものと考えられる。

さて、提案技術を確立するには、バイオマスが有する粉碎・乾燥に要する多大なエネルギー消費などの課題を解決する必要がある。特に粉碎エネルギーの低減は重要な因子で、大粒子原料供給が必須条件になる。本研究では、この観点から現在開発されているバイオマス転換技術の中でキルン型の熱分解法に着目し、①大粒子バイオマスの熱分解特性の把握と利用可能性の検討、②提案する方法によるエクセルギー収量の優位性、CO₂削減効果の評価を他技術の比較も含めて実施し、本法の妥当性を検討した。

2. 大粒径バイオマスの熱分解の優位性

一般にバイオマスは400°Cでほぼ熱分解が完了するので、400°Cで熱分解したときの生成物収率を表1に比較した。大粒径試料は粉末試料に比べ大幅にエクセルギーの高い固体収率が增加、プロセストラブル原因となる液体収率を減少できることがわかる。これから粉碎エネルギーが2オーダー低減できる点もあわせて、大粒径バイオマスをキルン方式で熱分解していくことで、有効に400°C以下の廃熱を固体、液体、ガスへと変換できることが示された。

表1 熱分解生成物分布

試料粒径	収率 [%]		
	固体	液体	気体
30mm	41.90	49.35	8.749
粉末	26.76	63.82	9.423

3. 提案法によるエクセルギー再生効果の評価

2. でバイオマス熱分解の有効性が判ったので、提案法の妥当性をエクセルギー収量から検証した。計算には400°Cの工場廃熱が1.365PJ/year存在するとし、提案廃熱利用法（外部加熱熱分解）を、既往の部分燃焼熱分解及び直接燃焼の場合と表2に比較した。表より、廃熱のエクセルギーはわずかに0.7606PJであるにもかかわらず、廃熱をブーストする外部加熱熱分解の収量は、他の方法に比べ大きく、提案法の妥当性が示された。

表2 各種転換法ごとのエクセルギー収量

変換	粒径	エクセルギー収量 [PJ・year ⁻¹]
外部加熱熱分解	30mm	11.51
部分燃焼熱分解	30mm	9.845
直接燃焼	30mm	9.610

次にこの生成物のエクセルギー収量から計算したCO₂排出量削減可能量を図1に示す。粗粉碎で済む大粒径バイオマスを、廃熱により外部加熱熱分解する提案法が最も有効であることが明らかになった。

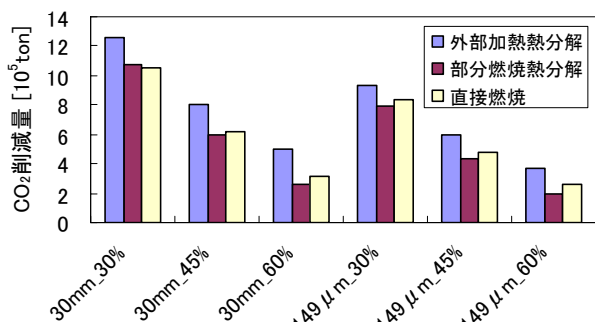


図1 変換法・粒径・含水率ごとのCO₂削減量比較

4. 結論

バイオマス熱分解を利用して化学工場の低温廃熱のエクセルギーを有効に再生する方法を提案し、その有効性を実験およびエクセルギー収量計算の比較から明らかにした。この方法によって、工場廃熱を熱分解生成物としてエクセルギーを再生し、最適条件では直接燃焼に比べ11%CO₂削減の効果をもたらすことを示した。