

研究成果報告書

研 究 題 目		木質バイオマス発電燃焼灰の肥料化・再資源化のためのカリウム濃縮プロセスの開発	実 施 年 度 29年度
代 表 研 究 者	所 属	広島大学大学院工学研究科化学工学専攻	
	氏 名	福井 国博	印
<p>1. 研究の目的・背景</p> <p>木質バイオマス発電で排出される CO₂はカーボンニュートラルであるため、「森林・林業基本計画」(林野庁)では、380万 kW 以上の電力を木質バイオマスで発電する目標(2020年度)を立てている。木質バイオマス発電は、未使用林業資源の活用も同時に果たせることから、さらに普及促進していく必要がある。しかし、木質バイオマス発電施設から排出される燃焼灰は産業廃棄物であり、有効利用が図られておらず、その処分費用は事業者が負担している。この費用が木質バイオマス発電の損益分岐点を悪化させており、特に小規模発電施設でその影響は深刻となる。</p> <p>一方、木質バイオマス発電燃焼灰の主成分はカルシウムであり、比較的多量のカリウムも含まれているので、肥料原料として再資源化できる可能性を秘めている。しかし、そのカリウム濃度は肥料原料として使用するには十分ではない。</p> <p>そこで本申請では、木質バイオマス発電プラントにおいて、カリウム分が濃縮された燃焼灰と除去された燃焼灰を排出するプロセスを開発することを第一の目的とする。また、カリウム濃縮燃焼灰を肥料原料さらにはセシウムの除染にも使用できるゼオライト系土壌改質剤に再利用するプロセス、カリウム除去燃焼灰の再利用法を開発構築することを第二の目的とする。</p> <p>具体的には、(1)カリウム濃縮燃焼灰とカリウム除去燃焼灰を排出できる成分分離プロセスを構築する。それぞれの燃焼灰に最適な再利用法を検討した結果、カリウム濃縮燃焼灰は肥料原料や K 型ゼオライトなどに再資源化することを目標としている。このために、(2)超微細燃焼灰ハンドリング技術、(3)石炭灰と共に K 型ゼオライトを主成分とする土壌改質剤に再資源化するプロセスを確立し、最適化を実施する。</p> <p>再資源化された肥料で木質バイオマス燃料の再生産、森林資源の涵養を行うことで、カリウム資源の循環利用を実現する。一方、再資源化した土壌改質剤を土壌等に放出された放射性セシウムの除染・土壌改良に利用することで震災復興にも寄与できる。</p>			

2. 研究成果及び考察（申請時の計画に対する達成度合を織込む）

燃焼灰をサイクロンなどにより実験室実験規模で分級し、そこに含まれるカリウム濃度を測定した。サイクロン灰、バグフィルター灰を分級して得られた燃焼灰の中位径とカリウム濃度の関係を Fig. 1 に示す。いずれの燃焼灰も中位径が減少するにしたがって、カリウム濃度は増加している。特にバグフィルター灰において、10 μm 以下の粒子径範囲では強い粒子径依存性を有することがわかる。すなわち、分級によって粒子径の小さな燃焼灰を選択的に捕集することでカリウム濃度の高い燃焼灰が得られることが確認できた。

高濃度カリウム含有燃焼灰から作製した肥料の有効性を確認するため肥効試験を行った。本燃焼灰は強いアルカリ性を示すため、酸性溶液（リン酸、亜リン酸、硫酸）処理で pH 調整し肥料を作製した。この3種類の肥料の肥効試験をコマツナとホウレンソウで実施した。なお、塩化カリ肥料を比較対照肥料として使用した。Fig. 2 にホウレンソウの育成状態の写真を示す。肥料の施用量は 75, 150, 225 $\text{mg}\cdot\text{K}_2\text{O}/\text{kg}$ であり、2 か月栽培した。収量は塩化カリ肥料と同等であり、別途測定した植物へのカリウム吸収量も同等の結果であった。さらに、肥料に含まれる重金属成分はすべて肥料公定規格（肥料取締法）に適合していることを確認した。

Fig. 3 に示す実証設備を燃焼プラントに設置し、プラント規模でカリウム成分の濃縮が可能であることを検討した。燃焼炉出口からの排ガス（飛灰を含む）の一部をサンプリングプローブで吸引分岐し（最大 1, 000 m^3/h ）、これを高性能サイクロンに導入し分級を行った。サイクロンにて粗粉を、バグフィルターにて微粉をそれぞれ回収できる構造とした。吸引する排ガスの流量、入口幅、捕集箱に設置した円錐位置をそれぞれ変化させることで、サイクロンの分級径を制御し、バグフィルターにおける粒子捕集率を変化させた。

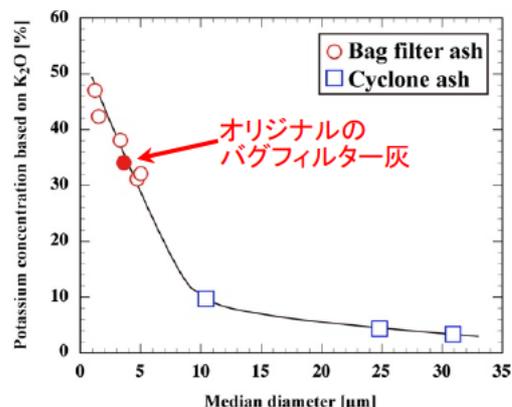


Fig. 1 燃焼灰の中位径とカリウム濃度の関係



Fig. 2 燃焼灰由来肥料の肥効試験



Fig. 3 サイクロン実証試験設備全景

Fig. 4にバグフィルターでの捕集率とカリウム濃縮率の関係を示す。ここで、カリウム濃縮率は、サイクロンに供給された燃焼灰のカリウム濃度に対するバグフィルターで捕集された燃焼灰のカリウム濃度で定義した。バグフィルターでの捕集率が減少するにつれて、カリウム濃縮率は単調に増加している。例えば、本実証設備において、濃縮率1.75（カリウム濃度35%に相当）の燃焼灰は収率約28%でバグフィルターにて回収できることがわかる。以上により、サイクロンを用いた分級技術により高濃度カリウム含有燃焼灰の回収をプラント規模で実現可能であることが実証された。

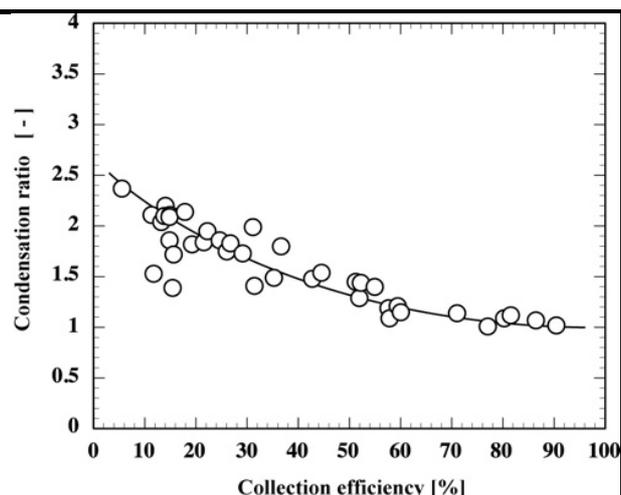


Fig. 4 バグフィルター捕集率とカリウム濃縮率の関係

上記に述べた研究目標「(1) カリウム濃縮燃焼灰とカリウム除去燃焼灰を排出できる成分分離プロセスを構築する。」「(2) 超微細燃焼灰ハンドリング技術を構築する。」については、研究目標をほぼ100%達成できたと評価している。一方、「(3) 石炭灰と共にK型ゼオライトを主成分とする土壌改質剤に再資源化するプロセスを確立する。」については、実験室規模での合成に成功し、再資源化したゼオライトの吸着特性も評価した。さらに、マイクロ波加熱などの利用による性能向上法の研究などにも取り組めたことから、目標達成率は70%と判断した。以上により、最終的な研究目標達成率は90%と判断している。

3. 経費の使用状況（申請時の計画に対する実績を記述）

御財団からの助成金は大学の管理の元に使用した。申請時には 200 万円の助成を予定し用途を定めていたが、支給頂いた助成金額が変更となったために、研究遂行に効果的な順に使用した。

設備備品費として購入した「小型熱プレス機」は、燃焼灰を再資源化した吸着剤をペレット化することなどに利用した。

消耗品として購入した「免税アルコール」は、燃焼灰の粒子径分布を測定する際の分散媒として使用し、「石英ガラス三口フラスコ」は、石炭灰と共に K 型ゼオライトを主成分とする土壤改質剤に再資源化するプロセスの反応器として使用した。また、KBr 窓板は、再資源化装置から発生するガス成分を定量化するために使用した FT-IR の部品として用いた。さらに、試薬やガス類も土壤改質材への再資源化実験の原料等として使用した。

また、カリウム濃縮燃焼灰を作製するための分級装置の性能を向上させる目的で、数値シミュレーションを実施した。その利用料としても、本助成金を使用した。

今回の助成研究を口頭発表するための国内旅費としても使用した。

以上のように、研究期間内に全ての助成金を有効に使用することができた。

4. 将来展望（今後の発展性、実用化の見込み等について記述）

本研究成果を基に、18,000kW のバイオマス発電プラントに高濃度カリウム燃焼灰を回収する装置を実装し、排出される燃焼灰全量を処理する実証試験を新たに実施した。この実証運転を通じて、本技術の安定性や優位性を実証し、プラントとしての実用化に到達できる目処がついた。共同研究先である企業

は、今後 3 年間におけるバイオマス発電プラントの受注額 600 億円を目指して実用化試験を継続している。なお、現在、西日本地区のバイオマス発電所のカリウム濃縮灰の肥料登録を肥料メーカーと共同で行っており、登録後に設備を導入する計画であり、ほぼ実用化まで到達した。

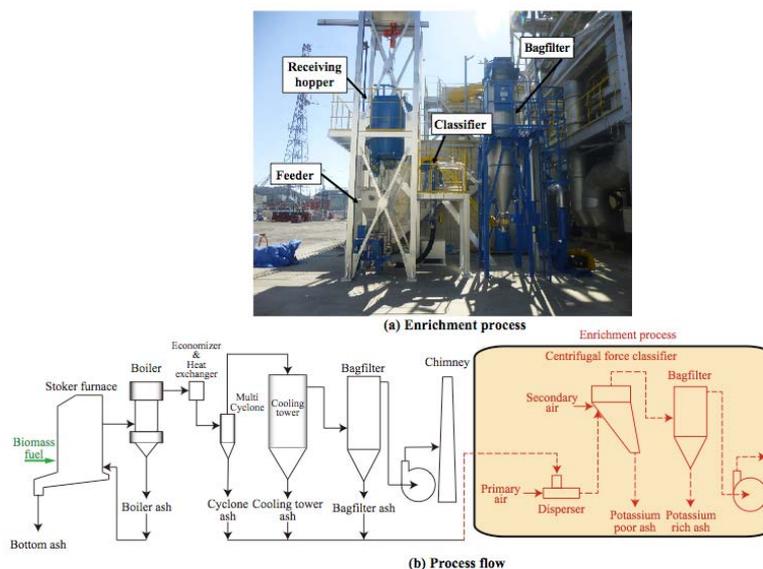


Figure 11

5. 成果の発表（学会での発表、学術誌への投稿等を記載。予定を含む）

【国内学会発表】

福井国博, 前田典生, 深澤智典, 片倉崇瑛, 「分級操作を利用した木質バイオマス発電燃焼灰中のカリウム成分の高濃度化」, 粉体工学会 第 52 回技術討論会, p82 (2017/6)

【国際学会発表】

Kunihiro Fukui, Tomonori Fukasawa, Toru Ishigami, Norio Maeda, 「Dependence of Chemical Components in Woody Biomass Combustion Ash on the Particle Size and Its Utilization for the Fertilizer」, 8th World Congress on Particle Technology, 90b (2018/4)

【論文】

Norio Maeda, Tomonori Fukasawa, Takaaki Katakura, Munechika Ito, Toru Ishigami, An-Ni Huang, Kunihiro Fukui, “Existence Form of Potassium Components in Woody Biomass Combustion Ashes and Estimation Method of Its Enrichment Degree”, Energy & Fuels, 32(1), 517-524 (2018)