

# 木質バイオマス燃焼灰中カリウムの化学状態分析 Potassium Speciation in Woody Biomass Ash

塩田憲司, 池美乃里, 高岡昌輝

京都大学大学院工学研究科都市環境工学専攻, 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 4

Kenji SHIOTA\*, Minori IKE, Masaki TAKAOKA

Department of Environ Engineering, Graduate School of Engineering, Kyoto University

4, Katsura, Nishikyo-ku, Kyoto, 615-8540, Japan

## 1 はじめに

地球温暖化の要因のひとつとして、人為起源の温室効果ガス排出が挙げられる。国際的な枠組みにより温室効果ガス排出削減目標の策定および達成が望まれており、日本においても、パリ協定に基づく2030年排出削減目標などが表明されている。IPCCガイドラインに基づき算定される温室効果ガスインベントリにおいて、日本における2019年度の温室効果ガス総排出量の約90%は二酸化炭素であり、その約95%が燃料の燃焼に起因する。燃料の燃焼において、エネルギー産業の発電及び熱供給による二酸化炭素排出量が約38%であり、近年減少傾向にあるが依然として最も多くを占める[1]。

温室効果ガス排出削減目標達成に向け、石炭火力発電など化石燃料燃焼による発電は縮小が検討されている。2019年度における日本の電気事業による石炭灰発生量は854万トンであり、約98%が有効利用されている[2]。セメント分野における有効利用量が約69%と最も多いが、石炭火力発電縮小が進むと、セメント原料としての供給量が減少する可能性がある。

近年、再生可能エネルギー利用のひとつであるバイオマス発電が注目され、固定価格買取制度により導入が進んでいる[3]。植物由来のバイオマスはカーボンニュートラルなエネルギー源とされ、今後もバイオマス発電事業は拡大すると見込まれ、残渣として発生する燃焼灰量も増加が見込まれる。バイオマス燃焼灰の有効利用のひとつとして、石炭灰の代替としてのセメント原料が期待されるが、バイオマス燃焼灰は石炭灰と比較するとカリウムや塩素などセメント性能を阻害する元素を多く含むため、前処理による除去が必要となる可能性がある。その際に、カリウムなどの化学状態に関する知見は重要であるが、報告はほとんどない。

本研究では、バイオマス燃焼灰の性状に関する基礎的な知見として、国内の木質バイオマス発電所において発生した燃焼灰中カリウムの化学状態を明らかにすることを目的に、X線吸収端微細構造(XAFS)分析を行った。

## 2 実験

木質バイオマス燃焼灰は、種々の木質バイオマス燃料および燃焼方式を採用している国内の木質バイオマス発電所21施設から発生した灰34種(主灰13、飛灰21)を用いた。

カリウム(K) K端 XAFS測定はPhoton FactoryのBL-11Bにおいて、標準試料および木質バイオマス灰共に全電子収量法(TEY)にて実施した。測定データの解析は、Athena (ver. Demeter 0.9.26)およびSIXPack (ver. 1.5.6)にて行った。

## 3 結果および考察

図1に、木質バイオマス燃焼灰中K K端 XANESスペクトルの一例を示す。主灰について、多くの施設では、施設AおよびBのような3608 eV付近にショルダーまたは小さいピーク、および3612 eV付近にピークトップを持つ形状であったが、施設CおよびDのように、一部の施設では異なる傾向が見られた。飛灰について、多くの施設で3610 eV付近にブロードなピークをもつ形状であったが、主灰と比較すると、施設A~Dに見られるようにピークトップやショルダーピークの位置が施設ごとに異なる傾向であった。また、施設AおよびDのように、主灰と飛灰において似たスペクトルが得られた施設もあった。以上の事から、木質バイオマス燃焼灰中のKは様々な化学状態で存在することが示唆された。これは、各施設で用いる木質バイオマス燃料、燃焼方式などが影響していると考えられた。

燃焼灰34スペクトル全てを用いて主成分分析を行った。固有値の変化、およびスペクトル再構成に最低限必要な主成分数から、主成分数は5程度と見積もられた。Target transformを行うと、ケイ酸またはアルミノケイ酸鉱物、炭酸塩、硫酸塩、水酸化物、塩化物の標準スペクトルが比較的良く一致したため、Kの主要な化学成分はこれらの物質に近い化学状態と考えられた。標準スペクトルの線形重ね合わせにより各化学状態の存在比を見積もると、主灰では鉱物に近い化学状態が大部分を占めるものが多く、飛灰では鉱物だけでなく炭酸塩、硫酸塩、水酸化物など酸素と結合した状態、および塩化物が混在した状態であるものが多かった。焼却処理残渣のひとつで

ある都市ごみ焼却飛灰中 K の化学状態がほぼ塩化物であることと比較すると、木質バイオマス燃焼灰中 K は非常に異なっていることから、木質バイオマス燃料種、燃焼方式などが影響していると考えられた。

木質バイオマス燃焼灰をセメント原料として用いる際に K を除去することが望まれ、水洗のような簡便な方法が適用可能であることが好ましいが、主灰においては主に鉍物に似た化学状態、飛灰においては混在した化学状態であり、必ずしも易水溶性の化学状態が多いわけではないため、より最適な前処理方法が必要となる可能性が示唆された。

#### 4 まとめ

木質バイオマス燃焼灰中 K の化学状態分析を XAFS により行った。飛灰では主にケイ酸またはアルミノケイ酸に似た化学状態、主灰では種々の状態が混在した化学状態であると考えられた。木質バイオマス燃料や燃焼方式の違いが K の化学状態に与える影響や、セメント原料化における K 除去前処理方法については、今後の課題とする。

#### 謝辞

木質バイオマス燃焼灰をご提供くださいました関係各位に感謝申し上げます。

#### 参考文献

- [1] 環境省(2021)  
<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg-mrv/unfccc/2021inventory.html>
- [2] 一般財団法人石炭エネルギーセンター(2021)  
[http://www.jcoal.or.jp/ashdb/ashstatistics/upload/R01\\_ashstatistics.pdf](http://www.jcoal.or.jp/ashdb/ashstatistics/upload/R01_ashstatistics.pdf)
- [3] 経済産業省(2021)  
<https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2021/pdf/>

\* shiota.kenji.4x@kyoto-u.ac.jp

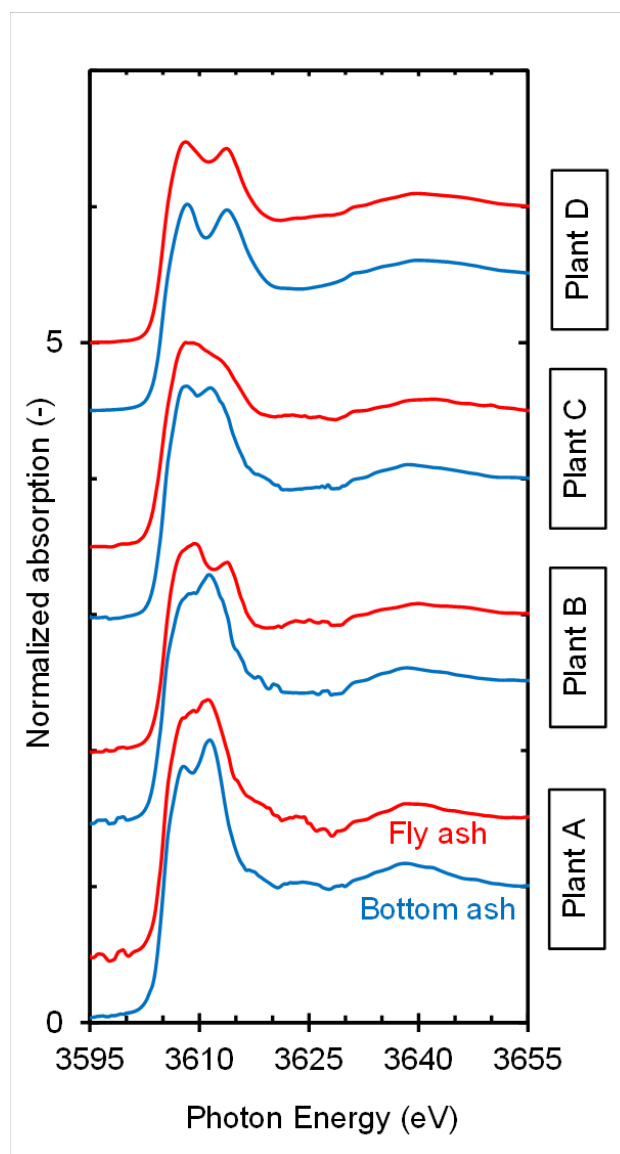


図 1 : 木質バイオマス燃焼灰中 K K 端 XANES スペクトルの一例