

バイオマス発電燃焼灰の資源リサイクル技術の開発

食品・化学部 〇小幡 透
シラス研究開発室 樋口貴久、袖山研一

1. はじめに

再生可能エネルギーの固定価格買い取り制度（FIT）の施行により、太陽光をはじめとする再生可能エネルギーを活用した発電施設が全国各地で建設された。木質バイオマス発電もその一つであり、鹿児島県内でも複数の木質バイオマス発電所が稼働しているが、発電の副産物として大量の燃焼灰が発生している。燃焼灰は産業廃棄物として処分しているが、当初の予想以上に燃焼灰が発生していることから、各発電所は燃焼灰の有効利用について模索している。

一方、燃焼灰中には微量の重金属等有害物質が含まれており、これらが環境中に排出されないことが実証できなければ有価物として利用できない。そこで本研究では、これらの燃焼灰を有価物として利用するために、燃焼灰のうち飛灰（フライアッシュ：FA）にカルシウムと水を添加して水熱反応を行うことにより、トバモライトを主成分とするケイ酸カルシウム化合物を合成し、重金属をケイ酸カルシウム内に固定化して重金属の溶出を抑制する技術確立することを目的とする。

2. 実験方法

県内で木質バイオマス発電所を操業している4事業所からFAを採取し、各実験に供した。

2. 1 FAの成分分析

FA中の各成分は蛍光X線装置により測定した。また、土壤汚染対策法により有害物質と定められている鉛、カドミウム、クロムは、原子吸光光度計により測定した。

2. 2 FAの水熱反応

加圧分解用のテフロンビーカーにFAと水酸化カルシウムを量り取り、これに少量の水を添加してよく混合したものを耐圧容器にセットし、定温乾燥機で加熱して水熱反応を行った。このとき、水酸化カルシウム中のCaと燃焼灰中のSiの比（Ca/Si）や反応温度、反応時間を変化させた。得られた水熱反応生成物を乳鉢で粉碎し、この粉碎物に酸化亜鉛を一定の割合添加してX線回折測定を行った。ケイ酸カルシウムの生成量は、ケイ酸カルシウムの一種であるトバモライトと酸化亜鉛のピーク高さの比により算出した。

2. 3 金属成分溶出試験

環境省告示13号に基づき、FAおよび水熱反応生成物からの金属成分溶出試験

表1 FAの成分分析結果（酸化物換算）

単位: mass%				
	A	B	C	D
SiO ₂	28.7	33.1	52.5	56.1
Al ₂ O ₃	10.4	9.8	3.3	9.6
Fe ₂ O ₃	3.7	4.5	2.4	2.4
Na ₂ O	0.9	1.6	0.7	1.7
K ₂ O	6.0	7.6	4.6	7.1
MgO	2.9	2.6	4.6	2.1
CaO	27.4	19.7	21.3	14.1
P ₂ O ₅	1.6	1.2	2.3	0.8

表2 燃焼灰中の重金属含有量

単位: mg/kg					
	A	B	C	D	含有量基準
Pb	80	96	26	N.D.	150
Cd	N.D.	4	4	N.D.	150
Cr	110	61	67	80	250**

* 土壤汚染対策法における含有量基準

** 六価クロム(Cr⁶⁺)含有量基準

を行い、原子吸光光度計により溶出量を求めた。

3. 結果

3. 1 FA の成分分析

各FA (A～D) の蛍光X線分析結果を表1に示す。ケイ素、カルシウムが主成分であるが、流動層式燃焼炉から排出されるC、Dは流動層内の砂の影響により、特にケイ素分が多く見られた。次に重金属の含有量を表2に示す。いずれも重金属の含有は見られたが、土壤汚染対策法における含有量基準値以下であった。

3. 2 FA の水熱反応

Ca/Si=0.9、水熱反応時間を24時間として、水熱反応温度について検討した(図1)。Aについては、低温でも水熱反応が進行し、トバモライトが生成することが明らかになった。

次に、Ca/Si=0.1～1.0で変化させて、200℃で24時間水熱反応を行った(図2)。トバモライトの分子式($5\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)よりCa/Si比の理論値は0.83と計算されるが、いずれのFAでもこの値より少ないカルシウム量でトバモライト生成量が最大となった。添加するカルシウムが少量で済むことは、ケイ酸カルシウム製品を製造する際のコストダウンが見込める。

3. 3 水熱反応生成物の重金属溶出試験

Aについて、Ca/Si=0.9、170℃、5時間および12時間の水熱反応より得られた水熱反応生成物からの金属成分溶出試験を行った(表3)。反応時間の増加とともに重金属の溶出量は減少し、水熱反応によりケイ酸カルシウム生成物中に金属成分が固定化されていることが推察された。

4. おわりに

県内の木質バイオマス発電所各社から排出されたFAにカルシウムを添加して水熱反応を行うことにより、トバモライトの生成することが確認できた。燃焼灰の種類によっては低温でも水熱反応が進行し、さらに理論値よりも少量のカルシウム量でトバモライト生成量が増加したことから、ケイ酸カルシウム生成物の製造コスト削減が期待できる。

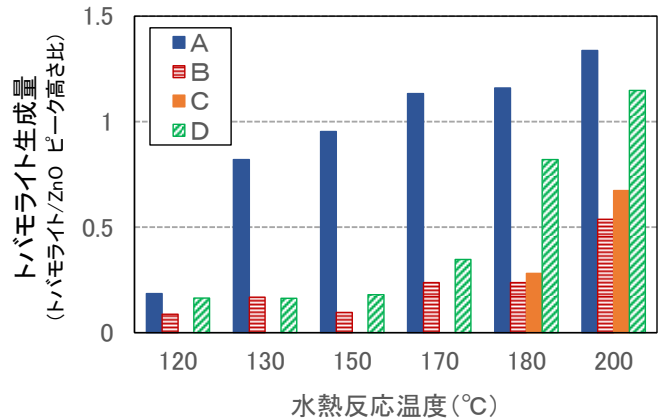


図1 FAの水熱反応における反応温度の検討

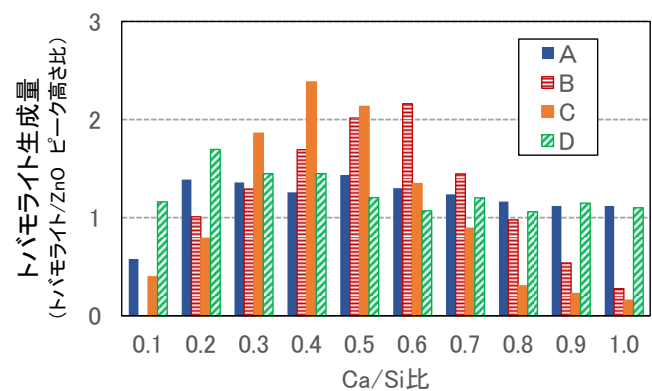


図2 FAの水熱反応におけるCa量の検討

表3 水熱反応生成物の重金属溶出試験

	単位:mg/L		
	Pb	Cd	Cr
燃焼灰A	0.80	0.02	0.53
水熱5h	0.47	N.D.	0.10
水熱12h	0.19	N.D.	0.08
埋立処分に係る 判定基準	0.3	0.09	1.5*

* 六価クロム(Cr^{6+})の溶出量