

木質バイオマス発電由来の燃焼灰の有効利用に関する試験検討

(株)大林組 正会員 ○田島 孝敏、 甚野 智子
(株)大林組 正会員 大島 義徳、 正会員 千野 裕之

1. 目的

再生可能エネルギーの利用普及を目的として 2012 年 7 月に固定価格買取制度が施行され、国内の豊富な森林資源の活用を図るため、木質バイオマス発電所の建設が全国で進められている。発電に伴って発生する木質燃焼灰の多くは産廃として処分されているケースが多く、処分量の削減が大きな課題となっている。木質燃焼灰はカリウムを比較的多く含むため、肥料原料としての利用が検討されている^{1),2)}。ここでは肥料原料以外の利用方法として、木質灰を高温で焼結もしくは熔融して土木資材に改質する方法について検討した。

2. 木質燃焼灰の性状

2 か所の木質バイオマス発電所で発生した燃焼灰を試験に供した。これらの灰の性状を表-1 に示す。A 灰、B 灰ともに、主な燃料は未利用木材で、これを循環流動床ボイラにより 750～900℃で燃焼して発生した燃焼灰である。

化学組成は、A 灰はケイ素が 79%と最も多く、次いでカルシウム、カリウムが多く含まれていた。一方、B 灰はカリウムが 32%と最も多く、次いで、カルシウム、ケイ素が多く含まれていた。A 灰のケイ素が多い理由として、流動媒体の砂が混入したことが考えられる。

燃焼灰と水を質量比 1:5 で混合し、1 時間静置した後に pH と電気伝導率(EC)を測定した。pH は、A 灰が 12.2、B 灰が 13.0 といずれも強アルカリ性であった。EC は A 灰が 0.48 S/m、B 灰が 6.26 S/m で、B 灰は A 灰に比べて塩類を多く含むと推定される。

表-1 木質燃焼灰の物理・化学性状

	A 灰		B 灰	
主な燃料	未利用木材		未利用木材	
燃焼炉	循環流動床ボイラ		循環流動床ボイラ	
燃焼温度	800～900℃		750～850℃	
土粒子密度	2.61 g/cm ³		3.06 g/cm ³	
最小/最大密度	1.23/1.57g/cm ³		0.83/1.25g/cm ³	
主な化学組成	SiO ₂	78.5 %	K ₂ O	32.1 %
	CaO	7.5 %	CaO	27.8 %
	K ₂ O	5.2 %	SiO ₂	20.9 %
	MgO	2.2 %	SO ₃	5.3 %
	Al ₂ O ₃	1.9 %	MgO	4.6 %
	SO ₃	1.4 %	Fe ₂ O ₃	2.3 %
	Fe ₂ O ₃	1.1 %	Al ₂ O ₃	1.9 %
			Cl	1.9 %
			Na ₂ O	1.2 %
			P ₂ O ₅	1.1 %

3. 土木資材としての利用

3.1 焼成骨材

1) 骨材の作製 燃焼灰に発泡材、混合材および水を混合して、造粒機で成形した後、1,100℃程度で焼成して人工軽量骨材を作製する技術がある。発泡材としては、赤鉄鉱、ドロマイト、石灰石など、分子中に C、S、H、O などのガス化しやすい元素を有する鉱物を少量含有し、加熱処理による膨張－収縮を経て軽石構造となる。焼成骨材は、コンクリート用骨材、軽量盛土、ろ過材、植栽などに利用されている。

本試験では、発泡材に膨張性頁岩微粉を使用した。まず、木質灰と頁岩微粉を混合して水を添加し、これをビーカーに入れて回転して造粒した。試験ケースを表-2 に示す。次に、室内に一晩静置した後、電気炉を用いて 1,150℃で 10 分間焼成した。A 灰は頁岩微粉が無いと焼結せず、指で容易に潰れた。頁岩微粉の添加量が多くなるにしたがい、焼成物の表面に光沢が現れ、灰粒子が焼結したことが示唆された。B 灰は頁岩微粉無しで焼結したが指で潰れる硬さであり、頁岩微粉 75%のケースで表面に光沢が現れた。

表-2 試験ケース

No.	灰種	配合 (g)		
		木質灰	頁岩微粉	水
1	A 灰	100	0	21
2		75	25	21
3		50	50	21
4		25	75	25
5	B 灰	100	0	37
6		75	25	35
7		50	50	33
8		25	75	31

キーワード：木質バイオマス発電、木質燃焼灰、有効利用、焼成骨材、熔融スラグ

連絡先：〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 大林組 技術研究所 自然環境技術研究部 TEL 042-495-1102

2) 圧潰強度 各ケースの焼成物の中から比較的大きくて球に近いものを3個選択し、圧潰試験を行った。圧潰荷重の平均値を図-1に示す。A灰は、木質灰単体でも固結したが、頁岩微粉を25%添加することにより、平均圧潰荷重は約1200Nと著しく増大した。頁岩微粉50%で圧潰荷重は850N、頁岩微粉75%で圧潰荷重は1250Nであった。B灰は、木質灰単体では強度は出ず、指で潰せた。頁岩微粉の添加量が増えるにしたがって、圧潰荷重が増加した。頁岩微粉75%のケースで、平均圧潰荷重は1300Nであった。

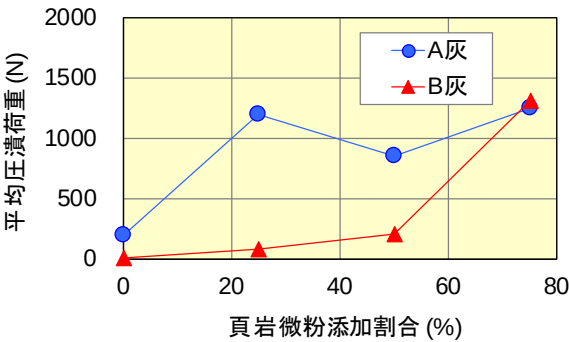


図-1 造粒物の圧潰強度

人工軽量骨材の圧潰荷重が約500Nであることを勘案すると、供試灰について、圧潰強度500N以上の焼成骨材を作製するには頁岩微粉を添加する必要がある、A灰は25%以上、B灰は75%以上のケースで圧潰荷重500N以上を超えた。灰種によって頁岩微粉の添加量が圧潰強度に及ぼす影響が異なるが、木質灰と頁岩微粉の化学組成に応じて、混合物の焼結・熔融温度が異なることが一因として考えられる。

3.2 熔融スラグ

都市ごみを焼却した後、灰を熔融して減容化を行う場合がある。熔融処理を木質燃焼灰に適用し、生成される熔融スラグの性状を調べるため、B灰をアルミナるつぼに入れて電気炉で加熱した。まず、800℃に昇温し、1時間保持した後、1000℃まで昇温し、1時間保持した。これを、1200℃、1400℃、1600℃で繰り返した。1000℃までは焼結段階で、1200℃で熔融・ガラス化が始まり、1400℃で試料が完全にガラス化した。1600℃でるつぼが侵食された。

加熱処理後に質量変化と体積変化を測定した。体積変化は、るつぼ底面から試料上面までの距離を基に算定した。初期状態に対する質量減少率と体積減少率を図-2に示す。質量減少率は1400℃で21%であった。加熱によって水和鉱物や炭酸塩などが分解し、揮散したためと推定される。体積減少率は、1000℃で13%であったのが、1200℃で77%に急増した。灰の熔融に伴い、空隙が充填されて密実になったためと考えられる。

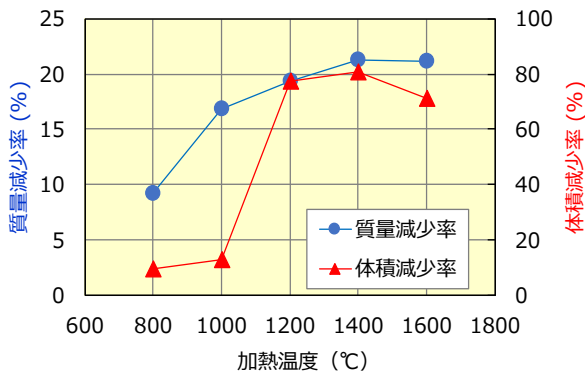


図-2 加熱温度と質量減少率・体積減少率の関係

1400℃で加熱した熔融スラグを2mm未満に粉碎し、溶出試験を行った結果を表-3に示す。いずれの項目も土壌環境基準に適合し、検液のpHは10.1であった。このように、重金属等の溶出量が多い木質燃焼灰に対しては、熔融スラグ化によって環境安全性が高くなり、土木資材として利用しやすい形態にできる。

4. まとめ

木質燃焼灰は、燃料の種類や燃焼方法によって物理化学性状が異なるため、特徴を把握して焼成骨材や熔融スラグに改質することにより、路盤材やコンクリート用骨材などの土木資材に活用できる可能性がある。

表-3 熔融スラグの溶出試験 (環告 46号)

項目		単位	B 灰	熔融スラグ	土壌環境基準
カドミウム		mg/L	<0.001	<0.001	0.01
鉛		mg/L	0.004	<0.001	0.01
六価クロム		mg/L	<0.01	<0.01	0.05
砒素		mg/L	0.078	<0.005	0.01
水銀		mg/L	<0.0005	<0.0005	0.0005
セレン		mg/L	0.055	<0.005	0.01
ふっ素		mg/L	0.45	<0.1	0.8
ほう素		mg/L	3.4	<0.1	1
検液	pH	—	13.0	10.1	—
	EC	mS/m	4200	23	—

参考文献

1) 松岡ほか：木質バイオマス燃焼灰の分級による有効利用システムの開発、第27回廃棄物資源循環学会研究発表会（2016）
2) 田島ほか：木質燃焼灰の肥料原料としての利用に関する調査、土木学会全国大会 第72回年次学術講演会（2017）