

木質系バイオマスボイラー燃焼灰の特性とその有効活用に関する基礎的検討

鹿児島大学大学院 学生会員 ○村田 純孝 鹿児島大学工学部 非会員 下酔尾和馬
 鹿児島大学大学院 正会員 山口 明伸 鹿児島大学大学院 正会員 武若 耕司

1. はじめに

木材を切り出す際、約 40%は林地残材として使用されずに残されている。そこで、その林地残材をエネルギー効率の高いバイオチップに加工しバイオマス発電での燃料として活用しようという動きが近年注目を集めている。しかしバイオチップを燃焼した際にできる木質系バイオマスボイラー燃焼灰は、重金属を含んでいる可能性があることから、燃焼灰の処理方法がバイオマス事業の大きな障害となる場合がある。本研究では、木質系バイオマスボイラー燃焼灰の特性を把握した上でコンクリート用材料として有効活用することを目指し、150 μ m 以下にふるい分けた木質系バイオマスボイラー燃焼灰（以下、燃焼灰と記す）の物理化学的特性および燃焼灰を混和材料として用いたモルタルの重金属溶出特性および強度特性について検討を行った。

2. 実験概要

今回使用した燃焼灰の物理化学的特性を表-1に示す。表に示すように、主成分はCaOとSiO₂から成る。

表-1 燃焼灰の物理・化学的特性

試料名	密度 (g/cm ³)	ブレン値 (cm ² /g)	化学組成						
			SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	P ₂ O ₅
燃焼灰	2.49	2170	33.2	34.1	3.64	11.8	3.46	2.87	2.06

表-2 モルタルの配合表

供試体名	燃焼灰の 置換率	W/B	ペースト 容積比	単位量(kg/m ³)					flow (mm)
				水	セメント	燃焼灰	細骨材	SP (粉体率%)	
OPC	0%	50%	45%	275	550	0	1463	0.00	159
燃焼灰10%	10%			272	490	54	1463	0.06	156
燃焼灰20%	20%			270	432	108	1463	0.11	160
燃焼灰30%	30%			267	374	160	1463	0.16	157

まず、燃焼灰自体の特性を把握するために、セレンおよび六価クロムを検出対象とするおよび重金属溶出試験を行った。なお、併せてふるい分けにより粒度調整した燃焼灰、および比較用として普通ポルトランドセメント（以下、セメントと記す）単味についても溶出試験を実施した。溶出試験は環境省の土壤環境基準の指針に基づき、試料と蒸留水を1(g):10(ml)の割合で混合したものを6時間攪拌し、それをろ過したものを検液とし、吸光光度計を用いて測定した。

一方、燃焼灰を混和材として用いたモルタルについては、表-2に示すように、燃焼灰をセメントの内割で0, 10, 20 および 30%に置換した4種類の供試体を作製し、燃焼灰同様にセレンおよび六価クロムを検出対象とした重金属溶出試験および強度試験を行なった。重金属溶出試験用の試料としては、養生中の重金属溶出を防ぐために封緘養生としたモルタル供試体を、材齢7, 28, 91日経過後にそれぞれ150 μ m以下に微粉碎したものをを用いた。試験方法は、前述の燃焼灰およびセメントに対する重金属溶出試験と同様である。また、強度試験については、養生方法を20℃水中養生とした4×4×16 cmの供試体を用い、材齢1, 3, 7, 14, 28, 91 および 182 日における曲げおよび圧縮試験を行った。

3. 実験結果および考察

図-1に燃焼灰およびセメントの重金属溶出試験結果を示す。セレン溶出量については、セメントが土壤環境基準値程度であったのに対し、燃焼灰は粒度の違いによらず、いずれも環境基準値の6倍程度となる大きな溶出量が確認された。また、六価クロム溶出量については、セメント単味の試料を含めていずれも土壤環境基準値を超えることが確認されたが、燃焼灰においては試料の粒度による溶出量の違いが認められ、比表面積と溶出量の関連性が示唆された。

キーワード：バイオマス発電、木質系バイオマスボイラー燃焼灰、六価クロム、セレン

連絡先：〒890-0065 鹿児島市郡元1-21-40 鹿児島大学大学院理工学研究科海洋土木工学専攻 TEL 099-285-8480

一方、燃烧灰をモルタルに混和した場合の重金属溶出試験結果を、図-2に示す。六価クロム溶出量において、燃烧灰を混入していない OPC 供試体と燃烧灰を用いた供試体はほぼ同程度の溶出量となっており、いずれも環境基準値以下となることが確認された。また、セレン溶出量に関しては、全ての水準で検出限界値以下となり環境基準値を下回ることが確認された。

なお、六価クロムに関しては、セメント、燃烧灰、および粉碎モルタル試料の測定結果および配合から、式(1)、(2)および(3)式を用いて六価クロム固定比率を算出した。

$$A = \frac{C_g \cdot C_{Cr^{6+}} + IA_g \cdot IA_{Cr^{6+}}}{100} \quad (1) \quad B = \frac{M_g \cdot M_{Cr^{6+}}}{100} \quad (2)$$

$$C = \frac{A - B}{A} \cdot 100 \quad (3)$$

ここに、A：モルタル 1000cm³あたりに換算したセメントおよび燃烧灰由来の Cr⁶⁺保有量 (mg)、C_g：モルタル 1000cm³に含まれるセメント量 (g)、C_{Cr⁶⁺}：セメント 100g に含まれると考えられる Cr⁶⁺量 (セメントからの溶出量) (mg)、IA_g：モルタル 1000cm³に含まれる燃烧灰量 (g)、IA_{Cr⁶⁺}：燃烧灰 100g に含まれると考えられる Cr⁶⁺量 (燃烧灰からの溶出量) (mg)、B：硬化モルタル 1000cm³あたりに換算した Cr⁶⁺溶出量 (mg)、M_g：1000cm³のモルタル 1000cm³あたりの重量 (g)、M_{Cr⁶⁺}：モルタル 100g 当たりから溶出した Cr⁶⁺量 (mg)、C：モルタルにおける Cr⁶⁺固定率 (%)

上記の式を用いてモルタルでの六価クロム固定率を算出した結果を図-3に示す。セメントを燃烧灰で置換率した場合も、モルタル中の六価クロム固定率はほぼ同程度を保持しており、セメントを燃烧灰と同様に燃烧灰も六価クロム固定化能力を有している可能性が示唆された。

燃烧灰を用いたモルタル供試体の曲げおよび圧縮試験結果を図-4に示す。曲げおよび圧縮強度ともに燃烧灰の置換率の増加に伴って低下する傾向が認められるが、燃烧灰を 30%置換した供試体でも材齢 182 日で 50 N/mm²程度の圧縮強度が得られることが確認された。

4. まとめ

バイオマス燃烧灰を混和材として用いたモルタルからの重金属溶出量は、六価クロム、セレンのいずれに対しても基準値以下となることが確認された。燃烧灰の混和材としての活用のためには、重金属溶出のより長期的な検討と強度特性の改善が、今後の課題となる。

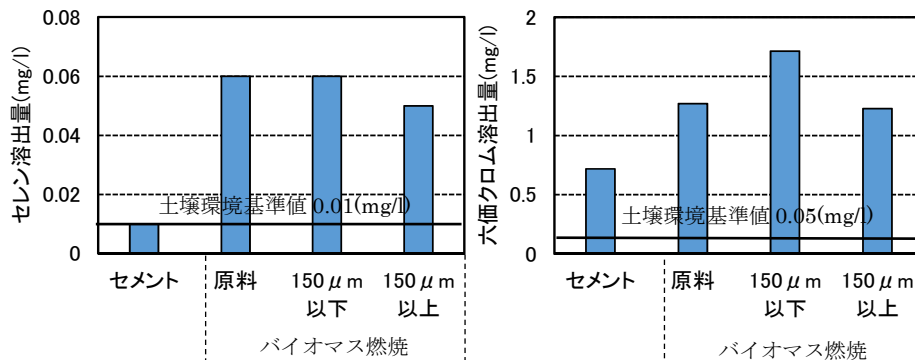


図-1 粉体の重金属溶出試験結果

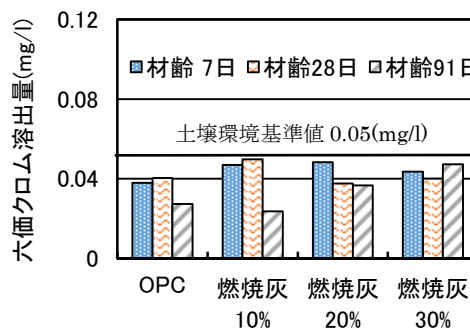


図-2 モルタルでの重金属溶出試験結果

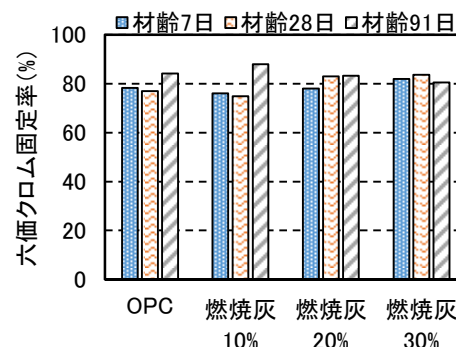


図-3 モルタルでの六価クロム固定率

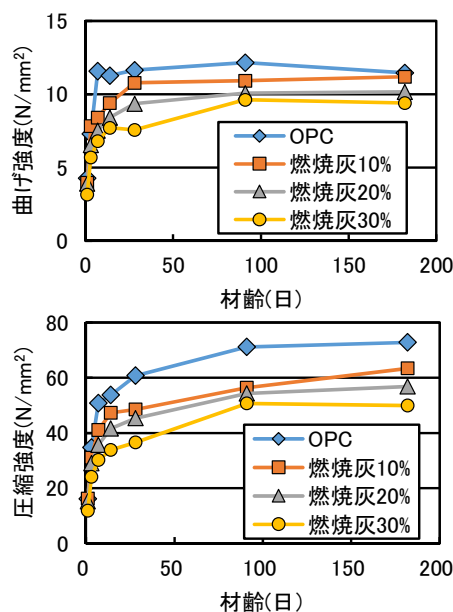


図-4 曲げおよび圧縮試験結果