

排出時期の異なる固形化燃料（RPF）燃焼残渣の 基本的性状の変動について

大分工業高等専門学校 学生会員 ○中島弘貴 大分工業高等専門学校 正会員 佐野博昭
福井工業高等専門学校 正会員 山田幹雄 福山大学 正会員 田辺和康
株式会社 東部開発 非会員 首藤聖司 株式会社 東部開発 非会員 安部義紀

1. はじめに

「大量生産・大量消費・大量廃棄」型の社会から「適量生産・適量消費・最小廃棄」型の社会へ脱却し、持続可能な循環型社会への移行を実現するためには、日々発生する廃棄物への対応が必要不可欠である。我が国では、廃棄物問題が顕在化した高度経済成長期以降、廃棄物の最終処分量を減らすためにリサイクルシステムの構築をはじめとした技術的・制度的改善に取り組んできた。

このような状況の下、「マテリアルリサイクル」と「サーマルリサイクル」双方に着目したリサイクル技術の開発を目指し、一般廃棄物や産業廃棄物から固形化燃料（RDF、RPF）をつくる技術が、環境保全とエネルギー資源確保を同時に実現する技術として注目されるようになった。表-1は、RDFとRPFの性状の比較を示す¹⁾。このような廃棄物固形化燃料には、①燃料としての扱いやすさ、②効率的な熱回収、③ダイオキシン対策などの利点がある。

廃棄物固形化燃料であるRDFやRPFの使用を積極的に推進する一方で、その後に多量の燃焼残渣が発生する。この燃焼残渣は、一般廃棄物焼却灰や石炭火力発電所から排出される石炭灰と同様の性質を有しているものと推察され、地盤材料として十分に適用可能であると判断できるが、この点についての研究例は非常に少ない²⁾。これより、廃棄物固形化燃料の利用を推進するためには、燃焼後の残渣の有効活用方法についても十分に検討しておく必要があることになる。

そこで、本研究では、廃棄物固形化燃料の中でも大分市内で製造されている「廃棄物由来の紙、プラスチックなど固形化燃料（RPF）³⁾」（以後、RPFと称する）に着目し、この燃

焼残渣の地盤材料としての適用性を検討するために、RPF燃焼残渣（以後、RPF灰と称する）の化学成分組成や有害物質溶出量および排出時期の異なるRPF灰の基本的性状の変動について検討した。

2. RPF 灰の化学成分組成と有害物質溶出量

本研究に用いたRPF灰は、大分市内にある廃棄物中間処理施設で製造されたRPFを王子板紙（株）（現・王子マテリア（株））大分工場のRPFボイラーで燃料として利用され、その後排出されたものである。RPF灰の色調は灰色であり、石炭灰とはほぼ同様の色調を示す。

2010年7月29日と2010年11月17日に排出されたRPF灰の化学成分組成を調べたところ、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 、 SO_3 が全体の約83%を占めていることが示された。また、RPF灰の酸性率⁴⁾を計算した結果、大分工場産のRPF灰では0.70（2010年7月29日排出）と1.12（2010年11月17日排出）となり、大分工場産のRPF灰はCaO量が多く、また、酸性率は小さいということが明らかとなり、CaO量と酸性率の観点から石炭灰や一般廃棄物焼却灰と同等かそれ以上に強度の発現が期待される材料であるものと推察される。

次に、2010年10月15日に大分工場から排出された代表的なRPF灰の有害物質の溶出試験を行った結果、いずれの項目も溶出量基準を十分に満足していることが明らかとなった。

3. 排出時期の異なる RPF 灰の基本的性状の変動

RPF灰の適用先としては、盛土材、地盤改良材、埋戻し材、造粒材さらには凍上抑制層用材料²⁾などが考えられる。このような地盤材料として用いるにあたっては、材料の品質の変

表-1 RDF と RPF の性状の比較¹⁾

種 類	RDF（Refuse Derived Fuel）	RPF（Refuse Paper and Plastic Fuel）
分別収集方法	自治体による収集（不特定多数の排出元による生ごみを含む可燃ごみ）	民間企業の分別排出に基づく（排出元への引き取り条件提示による）
組 成	各家庭での分別に限界あり。塵芥、不燃物遺物、塩ビなどが混入し、塩素濃度は高い。	産業廃棄物が主原料のため、異物の混入は少なく、塩素濃度は低い。
含水率	家庭系ごみが分別されずに混入されているため、含水率は高い。	民間企業から排出されるので含水率は低い。
発熱量	3,000～4,000kcal/kg（調整不能）	5,000～10,000kcal/kg（紙混合比により調整可能）
サイズ	直径 15～50mm（小径サイズの製造は困難）	直径 6～50mm（空気輸送可能な小径まで対応可能）
灰分化率	20%以下	7%以下

動幅を確認しておくことが重要である。そこで、2011年6月15日から2012年9月28日までの間、概ね1ヶ月に1回の割合(合計14回)で試料を採取し、地盤材料としての基本的性状である自然含水比、密度、粒度、比表面積、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}, \text{KCl})$ 、電気伝導率、強熱減量の7項目を測定し、排出時期の違いによる各性状の変動状況を調べた。

図-1～4は、RPF灰の基本的性状の内、代表的な密度 ρ 、比表面積 S 、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}, \text{KCl})$ および電気伝導率 χ の推移を示す。

図より、密度 ρ は、 $2.55 \sim 2.70 \text{ g/cm}^3$ (平均 2.62 g/cm^3)を推移しており、石炭灰 ($1.9 \sim 2.4 \text{ g/cm}^3$)⁵⁾と比較して大きな値を示している。

比表面積 S は、 $5310 \sim 7640 \text{ cm}^2/\text{g}$ (平均 $6500 \text{ cm}^2/\text{g}$)を推移している。参考までに、普通ポルトランドセメントの比表面積 S の規格値が $2500 \text{ cm}^2/\text{g}$ 以上⁶⁾、コンクリートまたはモルタルに混和材料として用いるフライアッシュ I 種の規格値が $5000 \text{ cm}^2/\text{g}$ 以上⁷⁾であり、RPF灰は普通ポルトランドセメントの2～3倍、フライアッシュ I 種の1.1～1.5倍の比表面積を有していることになる。

$\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ は、 $12.2 \sim 12.9$ (平均 12.6)、 $\text{pH}(\text{KCl})$ は、 $12.4 \sim 12.9$ (12.7)となり、石炭灰の $\text{pH}=11.8 \sim 12.6$ ⁵⁾と同様にアルカリ性であることがわかる。また、電気伝導率 χ は、 $1116.3 \sim 1752.7 \text{ mS/m}$ (1345.5 mS/m)となっている。

なお、合計14回にわたって測定したRPF灰の基本的性状の統計的特性値(最大値、最小値、平均値、標準偏差、変動係数)を検討したところ、電気伝導率と強熱減量以外の基本的性状の変動幅は小さいことが明らかとなった。

4. まとめ

約1年半の間、概ね1ヶ月に1回の割合でRPF灰を採取して基本的性状を調べたところ、RPF灰の性状は比較的安定していることが明らかとなった。今後は、盛土材、埋戻し材、地盤改良材、造粒材などの地盤材料としての適用性を検討するために、強度、変形特性や支持力特性について検討することを予定している。

【謝辞】本研究を遂行するにあたり、王子板紙(株)(現・王子マテリア(株))大分工場・環境管理室長・坂下泰弘氏ならびに研究技術室長・吉竹顕智氏には貴重なご助言をいただいた。ここに、深甚なる謝意を表す。

【参考文献】1) (社)日本RPF工業会: <http://www.jpfp.gr.jp/rpf-5.html>, 2) 北海道開発土木研究所構造部土質基礎研究室: 平成16年度「造粒燃焼灰の土木材料への利用に関する研究」報告書 3) (財)日本規格協会: 廃棄物由来の紙、プラスチックなど固化燃料(RPF), JIS Z 7311:2010, 2010.1.4) 片岡哲之, 緒方信英, 岡本敏郎, 横倉俊幸: 締固めた石炭灰の強度特性, 第26回土質工学研究発表会平成3年度発表講演集, D-6, 706, pp.1883-1884, 1991.7. 5) 港湾・空港等リサイクル推進協議会: 港湾・空港等整備におけるリサイクル技術指針, pp.2-70, 2004.3. 6) (財)日本規格協会: セメントの物理試験方法, JIS R 5201:1997, 1997.4. 7) (財)日本規格協会: コンクリート用フライアッシュ, JIS A 6201:1999, 1999.2.

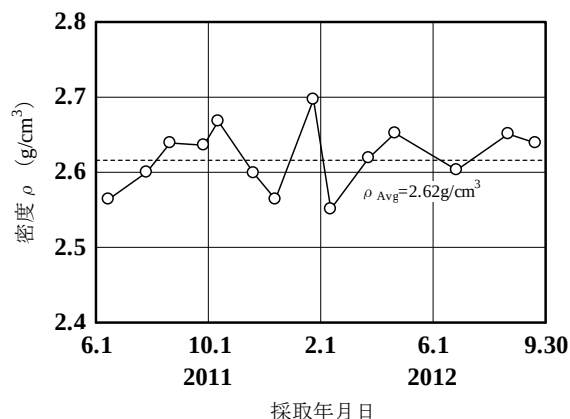


図-1 排出時期の異なる RPF 灰の密度の推移

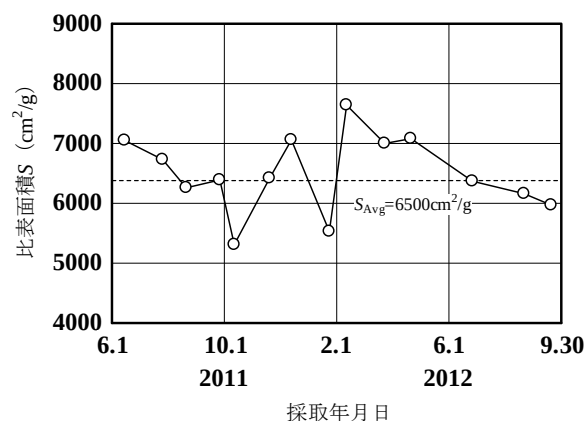


図-2 排出時期の異なる RPF 灰の比表面積の推移

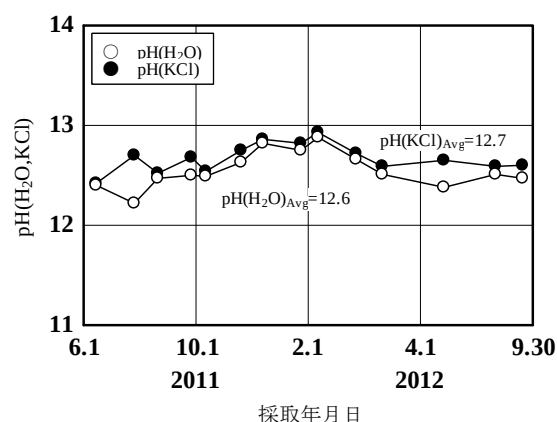


図-3 排出時期の異なる RPF 灰の pH の推移

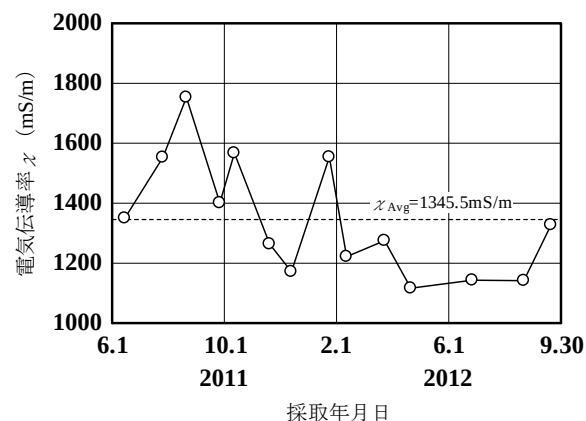


図-4 排出時期の異なる RPF 灰の電気伝導率の推移