

助成事業結果報告概要書

助成事業名称：焼却灰焙焼灰の資源化技術の開発

助成事業者名：三菱重工業株式会社

1．技術開発担当・照会先

開発担当部長；岡田光浩（本社機械事業本部環境装置技術統括グループ）

設計担当技師；佐藤憲一（横浜製作所環境装置技術部設計一課）

主任研究員；本多裕姫（横浜研究所環境装置研究推進室）

照会先；本社機械事業本部環境装置第一部（連絡先；03 - 3212 - 9510）

横浜研究所環境装置研究推進室（連絡先；045 - 775 - 0794）

2．技術開発の目的と開発内容

技術開発の目的

最終処分地の逼迫から、廃棄物の処分量低減のため、焼却灰の再利用、資源化技術の開発が求められている。この際には、灰中に含有される有害物質、具体的には重金属の溶出防止とダイオキシン類の低減が必要である。重金属およびダイオキシン類の低減目標値は、重金属についてはその溶出値が土壤の汚染に係わる環境基準（以下環境基準という）を満たすこと、ダイオキシン類についても環境基準に沿えば、灰中の含有量を 1ng-TEQ/g 以下にする必要がある。さらに、再利用用途に応じて要求される性能、各種の規格を充足する必要がある。

焼却灰資源化の代表的な技術として溶融処理が挙げられるが、より安価でメンテナンスに優れた資源化技術として、廃棄物焼却灰の焼成技術（灰を融点以下の温度に加熱し、Pb等の重金属を揮散させるとともに、ダイオキシン類を分解する技術、いわゆる焙焼技術）の開発を進めている。

本助成事業における開発内容

昨年度は、ロータリーキルンを製作し、処理量 100kg/h 規模のパイロット試験を実施した。その結果、ダイオキシンについては、 0.1pg-TEQ/g 以下まで分解できること（プロセス全体としては分解率 99%以上）を達成することができた。重金属については、還元剤添加による六価クロムの溶出防止対策などにより土壤環境基準を充足することを確認することができた。一方、残っている課題として、具体的な資源化用途の開発が挙げられる。

本年度は、焙焼灰の物理特性や力学特性について、測定、評価を実施した。その値から、目標値を充足する焙焼条件の明確化を目標として、試験を実施した。具体的には、製造された焙焼灰の用途として、軟質土用土壤改良材を想定し、これに利用するために必要な物理特性や力学特性に関する規格を充足することを目標とした。

また、重金属に関して、入口焼却灰中の濃度変動、および溶出と関連が深い焙焼灰中

の濃度を短時間で評価するため、レーザーを利用した焙焼灰品質管理システム（Laser Induced Breakdown Spectroscopy 以下 LIBS）の適用を検討した。

設定目標

焙焼灰の物理特性や力学特性に関する目標値は、超軟弱地盤改良や液状化対策用のサンドコンパクションパイル工法（以下 SCP）に用いられる砂の物性値から設定した。目標値は以下のとおりである。

粒度：75 μm ~ 50mm（シルト分（75 μm 以下）：10%以下）

透水係数： 10^{-2} ~ 10^{-3} cm/S

内部摩擦角：35 度以上

3．廃棄物処理技術開発の成果

3．1 試験装置

本研究で用いた試験装置のフローを図1に示す。また、試験装置（焙焼キルン）の外観を写真1に示す。キルンは、最大処理能力100kg/h、寸法：内径300mm × 5000mmである。



写真1 焙焼キルン

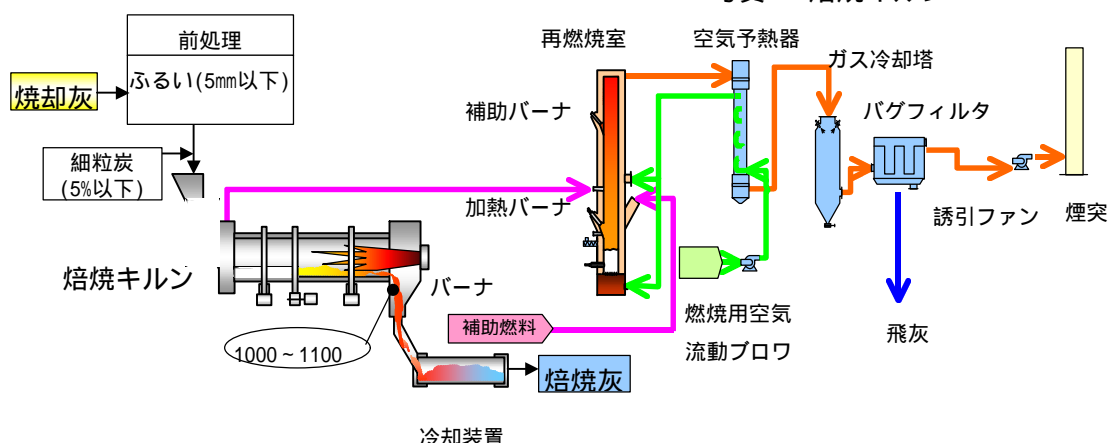


図1 試験装置フロー

3．2 試験結果

本研究で使用した焼却灰は、以下の2種類である。

- 1) 産業廃棄物焼却灰（カーシュレッダーダストの焼却主灰；以下Aと呼称）
- 2) 産業廃棄物焼却灰（建設廃棄物の焼却主灰；以下Bと呼称）

3．2．1 SCP評価試験

図2に締固めエネルギーと透水係数の関係を示す。平均的な透水係数は、試料A,B共に、0.5ECで 1×10^{-2} 、1ECで 1×10^{-4} 程度である。透水係数を適正值とするには、微粒成分の除

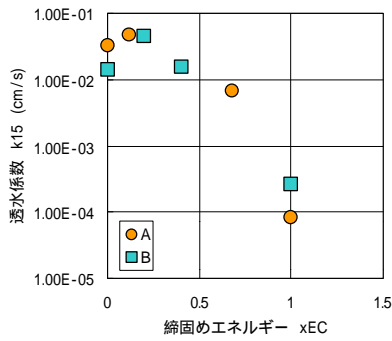


図2 締固めエネルギーと透水係数の関係

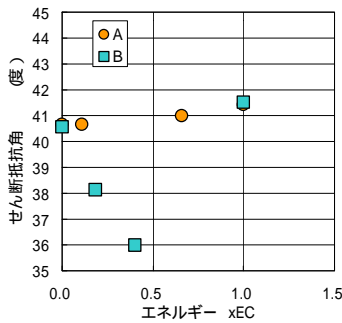


図3 締固めエネルギーと内部摩擦角の関係

去が必要である。

図3には、締固めエネルギーと内部摩擦角の関係を示した。なお、緩詰め試験結果は便宜的に0ECとした。試料Aの内部摩擦角は、0ECから1ECのエネルギー変化に対して概ね1度程度大きくなるが、平均的には41度程度と考えることができる。図4には締め固めエネルギーと見

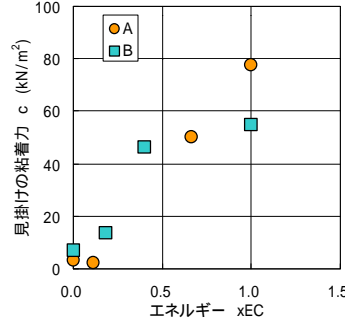


図4 締め固めエネルギーと見掛けの粘着力の関係

掛けの粘着力の関係を示す。見掛けの粘着力は、試料A,B共にエネルギーに対して比例的に増加する。

なお、試料Aについて、水和硬化性が確認された。図5には供試

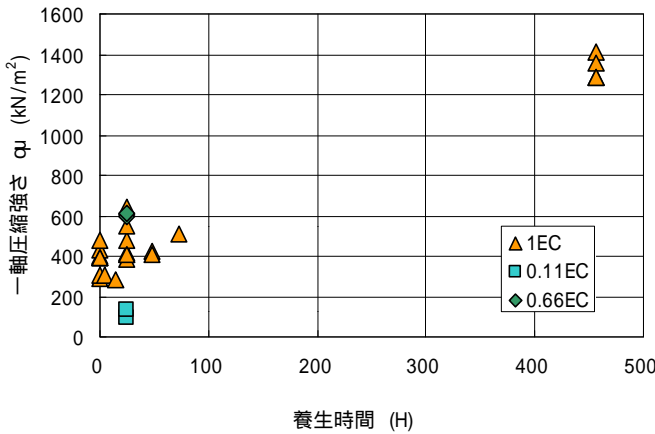


図5 養生時間と一軸圧縮強度の関係

体の関係を示す。これより24時間で400kN/m²程度の圧縮応力を発揮する。

以上、SCPに関しては、やや透水係数に課題を残しているものの、内部摩擦角や圧密による粒子破壊は、十分使用できるレベルにあると考えられる。透水係数については、微細なシルト分を除去することにより、改善が見込まれる。

3.2.2 LIBS適用試験結果

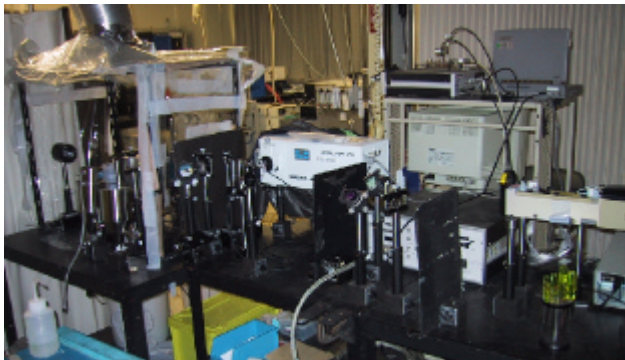


写真2 LIBS試験装置全体構成

試験装置の構成を写真2に示す。LIBSによる計測結果の例を図6に示す。横軸は波長、縦軸は発光強度を示すカウント値である。Pbでは、校正用に用いるタブレットのスペクトルが示してある。このスペクトルと同じ波長の強度を評価対象とした。

取得したスペクトル強度と成分分析

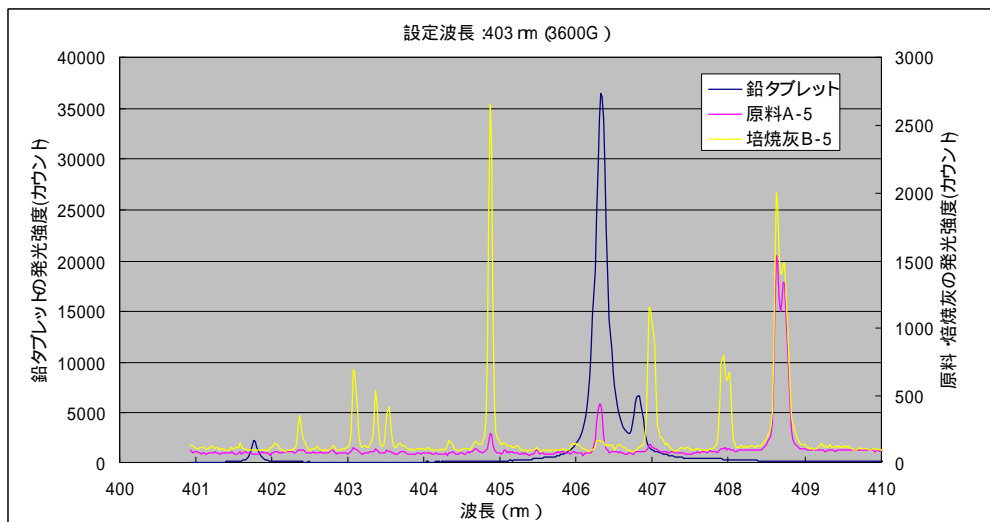
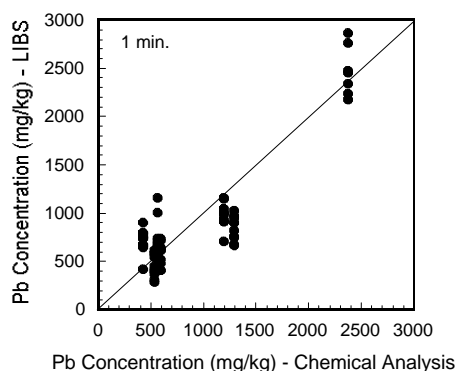
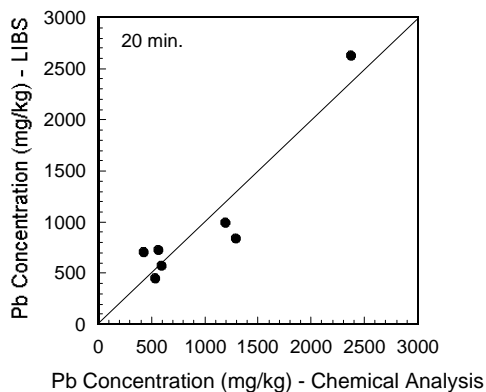


図6 LIBSによる計測結果の例



(a) 計測時間 1 分



(b) 計測時間 20 分

図7 焙焼灰，原料 Pb 成分計測結果（化学分析値との比較）

の結果を比較し、図7にまとめる。(a)が計測時間1分、(b)が計測時間20分のものである。すなわち、(b)は(a)を平均したものである。計測時間1分では、ばらつきが大きい。これは、LIBSではレーザの集光している部分だけの計測となっていることから、より多くの試料を分析している化学分析値とのずれが生じているものと考えられる。このばらつきは廃棄物には不可避なものとも言える。図7より、Pbについては、ばらつきが20分間の平均を取ることであり、およその濃度を測定できるものと判断できる。

これより20分程度の移動平均をとることであり、重金属濃度の変動がおよそ把握できると考えられる。したがって、実機化において、重要な課題となる再資源化物の品質管理システムに関して、LIBSが適用しうるものと評価することができる。今後は、実際に焙焼炉から排出される灰の連続的測定により、LIBSの設置位置、測定環境の影響や、分析値の校正方法について、検討を進めていく必要がある。

今後の事業化に向けての課題としては、さらなる焙焼灰の資源化用途開発が挙げられる。これについては、軟弱地盤改良材以外にも、埋め戻し材等の土木試料を念頭に調査、検討を進めている。また、LIBS適用に関しては、重金属の含有量と溶出量の関係の把握および信頼性向上が課題である。実用化の時期については、今後1、2年での実用化を目指す。また、処理規模としては、焼却灰重量で200t/日規模のものを想定している。