

焼却灰のウェザリングによる安定化機構に関する研究

福岡大学工学部 学生会員 ○森田兼生

福岡大学工学部 正 会 員 佐藤研一 山田正太郎 藤川拓朗

1. はじめに 我が国で、焼却施設から生じる焼却灰は年間 680 万トンにも及び、903 万トンが一年間で最終処分場に埋立てられている。最終処分場の全国平均残余年数は 13.1 年と報告されている¹⁾。政府はダイオキシン対策会議を開き、平成 22 年度を目標にリサイクル率 24% 増加、最終処分量の半減化等を発表²⁾した。最終処分場の現状等から、焼却灰はリサイクル媒体として大きな期待が寄せられている。焼却灰には、有害物質を多く含有する飛灰と、焼却灰の排出のほとんどを占める底灰に分類される。底灰には Pb、Cd、Hg 等重金属類が含まれており、これらは処分場からの浸出水の漏水により土壌や地下水等への汚染を引き起こす。日本では、土壌環境基準により、これら重金属類の溶出量が厳しく規制されている。さらに近年では、重金属類を不溶化(安定化)させる技術として、主にガスや水処理により安定化させている。炭酸ガスによる安定化手法は焼却灰中の重金属類の炭酸化による不溶化技術であり日本での主要な安定化手法の一つである。一方、ヨーロッパでは低エネルギー・低コスト技術であるエイジングによる不溶化技術が主流である。エイジングとは、暴露養生(ウェザリング)のことであり、大気・降雨等の利用によるものである。そこで、本研究では、ウェザリングによる安定化機構に着眼し、図-1 に示す実験フローに従い、安定化メカニズムを把握する。

2. 実験概要 実験は下方に示す 2 つの養生方法を用いて安定化させた。実験に用いた焼却灰の物理特性を表-1 に、粒度分布を図-2 に示す。

(1) 暴露養生 実験は図-3 に示す実験槽を用い、屋上ににて暴露状態で養生した。養生開始 0・3・6・9・24 時間 7・14・21・28・35・42・49・56 日後にサンプリングを行い、これに鉛溶出量に着眼し気候因子である気温、湿度、及び降水量を影響因子として検討を行なった。

(2) 炭酸ガス 暴露養生との比較を行なうため、過去の文献により、焼却灰に CO₂ を流し、24 時間養生で安定化の検討を行なった。風乾燥した焼却灰に養生開始 4 分間は、20L/min で流した後、4L/min で炭酸ガスを流した。サンプリングはガス通気開始 0.5・1・1.5・2・2.5・3・4・5・6・8・10・20・24 時間後の計 13 回行った。

2-1 溶出試験 2 mm ふるいにかけた焼却灰を、各々所定の条件下で養生させ含水比、pH、塩分濃度を測定し、環境告示 46 号法により Pb、Cd の溶出量の測定を行った。

2-2 強度試験 コーン貫入試験は、暴露状態で養生させたもので行なった。試料は、最適含水比に調整した焼却灰をモールド 3 層に分けて締固めた試料を用いて行った。2 ヶ月の養生期間で、7・14・21・28・35・42・49・56 日に試験を行った。

3. 結果及び考察 養生期間中の気温と湿度の推移を図-4 に示す。養生期間中の平均気温は 7.6℃・平均湿度は 58.1% である。湿度条件に関するこれまでの報告によると、日本の気候でも十分な安定化効果が得られる³⁾とされている。次に鉛の溶出試験結果を図-5 に示す。鉛の溶出量は養生開始時から 1 日までの短期間の溶出量が極めて多く、時間の経過に伴って溶出量は減少する結果となった。図-6 には焼却灰の含水比変化を示す。供試体中の含水比は天候に左右され易く、実験での含

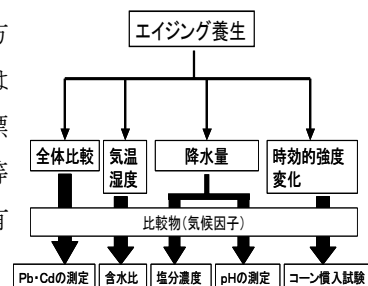


図-1 実験フロー

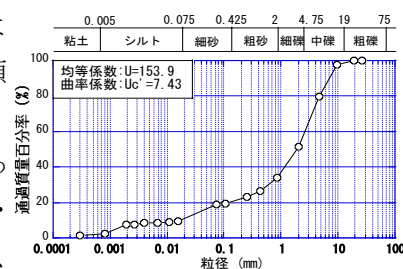


図-2 粒度分布

表-1 供試体物理特性

10月採取焼却灰	
自然含水比(%)	32.12
最適含水比(%)	27.7
湿潤密度(g/cm ³)	2.19
乾燥密度(g/cm ³)	1.23
均等係数U	153.9
曲率係数U'	7.43

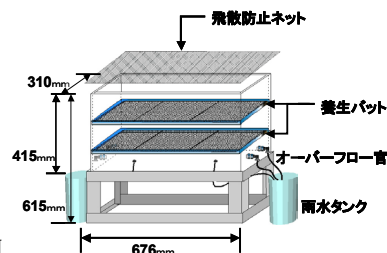


図-3 暴露実験槽

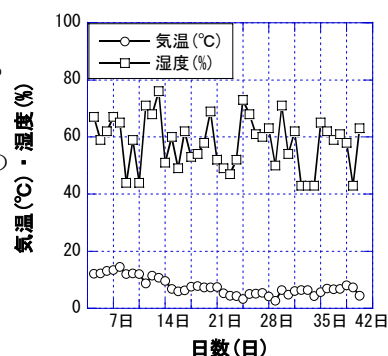


図-4 気温・湿度の推移

水比の低下は主に養生中の風乾によるものだと考えられる。図-7に養生期間中の降水量を示す。含水比の変化が図より、降水量の変動から推測でき、図-6で示した含水比の変動は降水量によるものであることが判る。焼却灰が湿潤状態にあることは、焼却灰の水和物化の生成であることが不溶化要素の一つであると報告⁴⁾されており、本実験においても24日養生までの含水比の低下と溶出量の変化との関係性を伺うことが出来た。図-8の塩分濃度の推移を示している。暴露養生の場合、供試体の吸水量を超えた雨水は、易溶解性の塩化物化した重金属類と一緒に流出することが、養生開始時の塩分濃度は降水量の蓄積と共に低下しており。このことから、塩分濃度の低下と同時に鉛の溶出量の低下が起こっていると考えられる。

次に焼却灰のpHの経時変化を図-9に示す。養生開始時ではpH12だったものが、最終的にはpH 9.52まで低下している。焼却灰のpH緩衝能の作用により、pH4の強酸性雨が焼却灰に降った場合でも焼却灰はpH10以下に低下することはなかったとの報告⁵⁾があり、本実験でもこの作用によってpHの収束が起こっている。また、図-10溶出量とpHの関係を示しているが、pHの低下に伴い、鉛の溶出量は低下している。これは、弱酸性である降雨により酸性側に中性化した事で不溶化したと考えられ、雨水による重金属類の流出と共に、不溶化現象が起こっていると推測できる。

以上の結果より暴露状態では、雨水が安定化要素の一つであることが判った。しかしこれにより生じる流出水の処理も必要となり、エイジングを用いた安定化処理施設には浸出水に処理工程が必要である。

図-11にコーン貫入試験のコーン指数と日数の関係を、図-12には各時点の含水比の変動を示す。焼却灰は養生開始7日までは、焼却灰の吸水によって強度が若干低下している。その後養生条件が一定でない暴露養生では、降雨の影響を受けコーン指数は低下している。しかし、28日養生後には、顕著な強度の増加が現れ、コーン指数は4倍となっている。供試体中の含水比の変化と比較すると強度変化は含水比との関係性は薄いと考えられる。しかしエイジングにより焼却灰の固着が生じていることがわかる。

4. まとめ ①鉛の溶出はエイジング開始直後から生じる。②エイジングによる安定化は雨水の影響を受け、重金属類が流出し、安定化と共に易溶解性塩類の影響により焼却灰の溶出量・塩分濃度は低下する。③焼却灰のエイジング施設は施設からの流出水の的確な処理が肝要である。

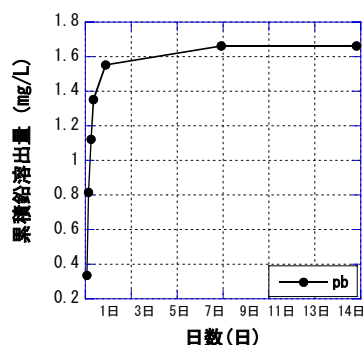


図-5 溶出試験結果

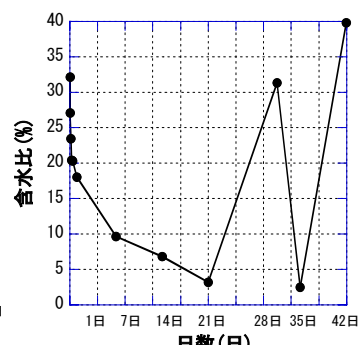


図-6 含水比の変化

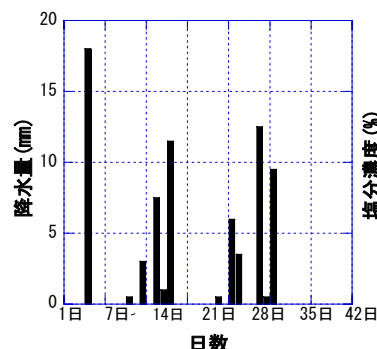


図-7 降水量

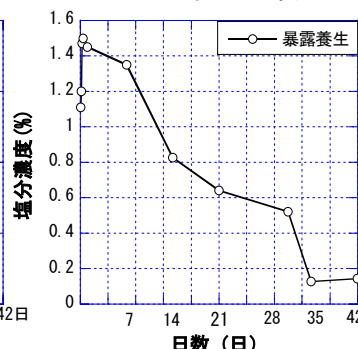


図-8 塩分濃度の推移

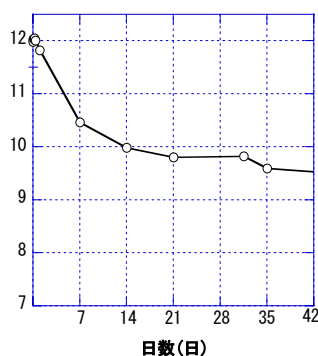


図-9 pHの経時変化

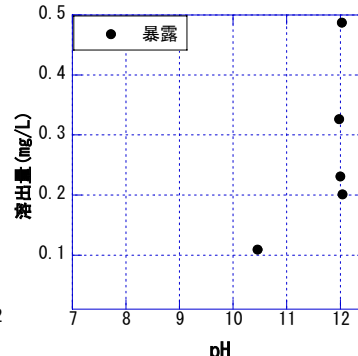


図-10 溶出量とpHの関係

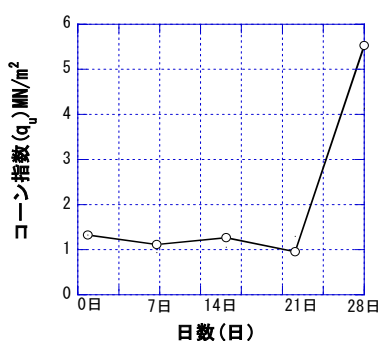
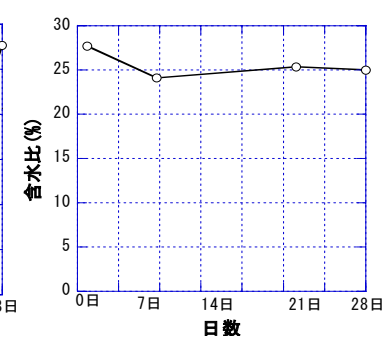
図-11 コーン指数 (q_u) と日数の関係

図-12 含水比と日数の関係

参考文献 1) 環境省 HP: URL <http://www.env.go.jp/> 2) 環境技術ネットワーク: URL <http://e-tech.eic.or.jp> 3) 伊澤琢磨ら: エーシングによる都市ごみ焼却主中重金属の安定化機構の解明, 第15回廃棄物学会, pp, 1075-1077, 2004. 4) 島岡隆行ら: 物理選処理による一般焼却灰の有効利用について, 第9回廃棄物学会, pp410-412, 1998. 5) 大坪政美ら: 繰り返し洗浄による焼却灰からの溶出水に含まれる塩類濃度, 第38回地盤工学研究発表, pp2423-2423, 2003.