

一般廃棄物焼却灰の物理・力学特性

福岡大学工学部 学生会員 ○中村公亮 本徳雅憲

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 一般廃棄物は年間 5236 万トン（平成 12 年度）発生しており、最終処分量は 1051 万トンである。しかし、廃棄物を受け入れる一般廃棄物最終処分場は、その残余年数が 12.5 年と非常に厳しい状況である。このような背景から、将来的に焼却灰を構造物基礎や盛土材等の建設材料として有効利用を検討する必要がある。欧米諸国では焼却灰に無害化処理をし、有効利用している。しかし焼却灰は、物理的、化学的に不安定な材料であり、基本的な性状が発生場所や発生時期等によって異なる事が考えられる¹⁾。そこで本研究は、発生場所や発生時期等の異なる数種類の一般廃棄物焼却灰の基本性状の比較を行う。また、焼却灰は経時的に自硬するという特徴があることが指摘されている²⁾。そこで、各種養生条件で行った焼却灰に対し軸及びコーン貫入試験から力学特性の把握を行った結果について報告する。

2 実験に用いた試料 実験で用

表-1 実験に用いた焼却灰

表-2 各試料の物理組成

いた焼却灰を表-1 に示す。A 市の西部地区のごみ焼却場で平成 10 年～平成 17 年の間に発生した採取時期が異なる 4 種類の焼却灰を、新しいものから焼

焼却灰名	焼却灰採取場所	焼却灰採取時期
焼却灰A	A市西部ごみ焼却場	H17.10
焼却灰B		H17.8
焼却灰C		H15
焼却灰D		H10
焼却灰E	A市東部ごみ焼却場	H17.10
焼却灰F	B市ごみ焼却場	H12
焼却灰G	英国焼却灰リサイクル工場	H15

	灰分	鉄含有物	ガラス類	陶器類	アルミ類
焼却灰A	80.4%	11.6%	2.5%	0.0%	3.8%
焼却灰B	84.9%	8.9%	1.3%	0.0%	3.8%
焼却灰C	79.7%	15.5%	3.3%	0.6%	0.9%
焼却灰D	81.2%	14.2%	3.4%	0.7%	0.5%
焼却灰E	80.7%	11.3%	0.0%	1.5%	2.8%
焼却灰F	75.7%	17.9%	4.9%	1.2%	0.3%
焼却灰G	73.6%	23.5%	2.6%	0.2%	0.0%

却灰 A、B、C、D とし、A 市の東部地区のごみ焼却場で平成 17 年に発生した焼却灰を焼却灰 E とする。また、B 市のごみ焼却場で平成 12 年に発生した焼却灰を焼却灰 F、英国リサイクル工場で平成 15 年に採取した焼却灰を焼却灰 G として、計 7 種類の焼却灰を用いた。A 市西部、東部ごみ焼却場、B 市ごみ焼却場は共に焼却方式としてストーカ炉を採用している。

3 焼却灰の基本性状

3-1 物理組成 図-1、表-2 に各試料の物理組成を示す。ここで物理組成は、13mm 以下の焼却灰 2 kg 中の物理組成であり質量比で求めた割合(%)である。焼却灰は灰分、鉄含有分、ガラス類、陶器類、アルミ類に分けられる。どの試料も全質量に占める灰分の割合が約 80%前後という値を示している。特に A 市西部焼却場にて採取した焼却灰 4 種類は同じような組成を示した。採取時期が古く採取場所の異なる焼却灰 F、英国のリサイクル工場で採取した焼却灰 G に関しては灰分が若干少なく、焼却灰 G については鉄含有物の割合が特に高くなっている。これはその地域のごみの内容物、ごみの質の違い等に起因するものだと考えられる。

3-2 物理特性 表-3 に各試料の物理特性、図-2 に各試料の粒径加積曲線を示す。灰粒子の密度試験は真空脱気法³⁾によって行っている。灰粒子の密度は焼却灰Gを除いて一般的な土質材料より軽く、採取時期、場所の違いによって異なっているがほぼ 2.3～2.4g/cm³程度であることが分かる。また、焼却灰Gの ρ_s が突出しているのは、ごみの分別回収が進んでいない英国のものであり、灰中に多くの鉄分が混入している事が原因と考えられる。いずれの焼却灰も粒度分布は非常に良く、力学的に影

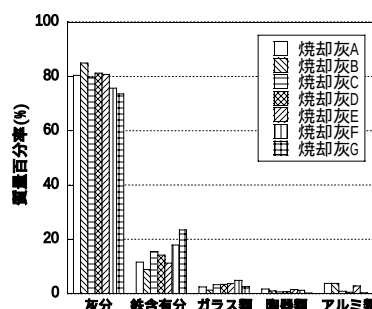


図-1 各試料の物理組成

表-3 各試料の物理特性

	土粒子の密度 ρ_s	均等係数 U_c	曲率係数 U_c'	細粒分含有率 F_c
焼却灰A	2.474g/cm ³	25.8	2.5	9.4%
焼却灰B	2.518g/cm ³	159.0	22.0	14.5%
焼却灰C	2.320g/cm ³	112.5	4.0	11.2%
焼却灰D	2.300g/cm ³	134.5	3.6	15.5%
焼却灰E	2.380g/cm ³	20.9	1.8	8.1%
焼却灰F	2.240g/cm ³	75.4	2.2	15.7%
焼却灰G	2.700g/cm ³	8.9	2.1	5.2%

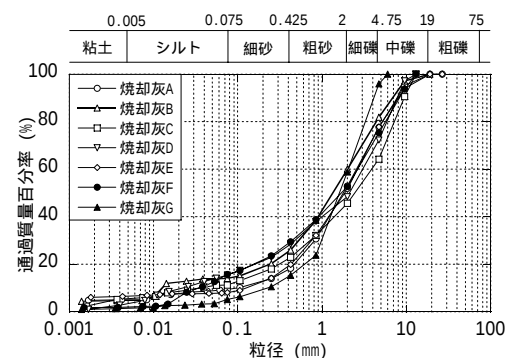


図-2 各試料の粒径加積曲線

響を及ぼす細粒分含有率が採取時期・場所によって異なっていることが分かる。

3-3 締固め特性 図-3 にA-b法で締固め試験を行った焼却灰の締固め曲線、図-4 にE-b法で締固め試験を行った焼却灰の締固め曲線をそれぞれ示す。また、表-4 にこれら各試料の締固め特性をまとめている。これらの結果より、A-b法及びE-b法と締固めエネルギーは異なるものの、焼却灰の締固め特性は試料によって大きく異なっていることが分かる。これは、焼却灰の物理組成や細粒分含有率の影響が大きいと考えられる。特に細粒分含有率が小さくなると最大乾燥密度が小さく、最適含水比が大きくなる傾向があると言える。

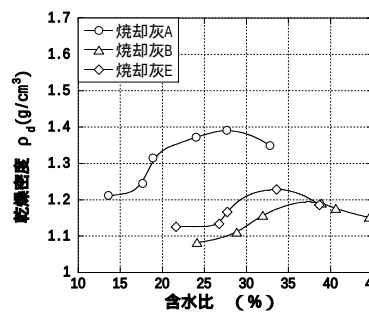


図-3 A-b法による締固め曲線

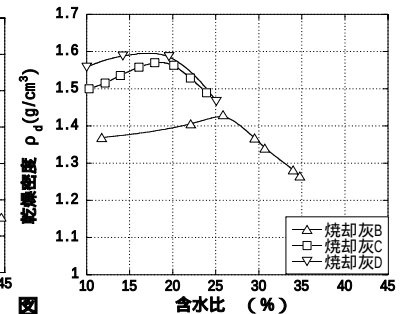


図-4 E-b法による締固め曲線

表-4 各試料の締固め特性

試料	締固め法	最大乾燥密度 ρ_{dmax}	最適含水比 w_{opt}
焼却灰A	A-b法	1.391g/cm³	27.7%
焼却灰B	A-b法	1.194g/cm³	37.1%
焼却灰C	E-b法	1.424g/cm³	25.6%
焼却灰D	E-b法	1.570g/cm³	18.6%
焼却灰E	A-b法	1.594g/cm³	17.0%
焼却灰F	A-b法	1.227g/cm³	33.4%

3-4 CBR特性 図-5 に焼却灰の修正CBR試験結果を示す。修正CBR試験は、焼却灰C、焼却灰Dを用いて行った。また図中には他機関で行われた結果⁴⁾も同時に示している。図より焼却灰の95%修正CBR値は試料によりばらつきはあるが、いずれの試料も下層路盤の材料としての基準値である20~30%を十分満たしている。焼却灰C、焼却灰Dに関しては上層路盤の一般的な基準値である80%も満たしており、焼却灰は有用な地盤材料であることが分かる。

4 焼却灰の力学特性

4-1 一軸圧縮試験 一軸圧縮試験には2mm以下の焼却灰Fを用い、最適含水比に調整

し、締固め度 $D (D = \rho_d / \rho_{dmax}) = 0.9$ で締固めによって作製された供試体を用いている。実験では、これらの供試体を焼却灰が有効利用される際の地盤及び環境工学的問題点を考慮に入れ気中養生、乾燥養生、水浸養生された供試体を用いている。図-6 に養生日数と一軸圧縮強さの関係を示す。ここで養生を行っていない試料の結果を図中に破線で示している。図より焼却灰が経時的に自硬しているのが分かる。また、養生方法により強度増加の程度が異なる。乾燥養生の供試体が最も顕著に強度増加を示しており、逆に水浸養生(真水)の供試体は強度増加傾向が小さいが365日養生では初期値の約1.6倍の強度が得られている。

図-6 養生日数と一軸圧縮強さの関係 (焼却灰F)

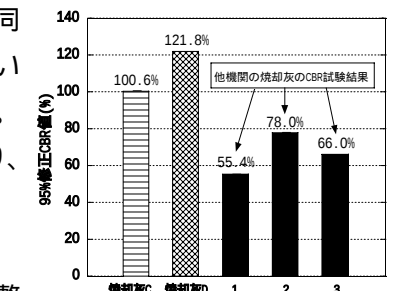


図-5 95%修正 CBR 値

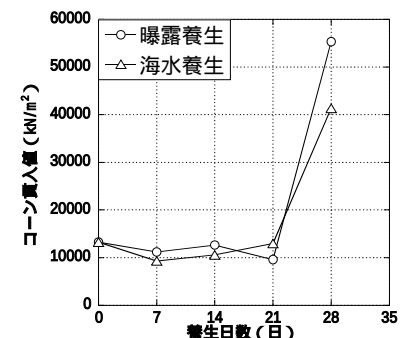


図-7 コーン貫入値と養生日数の関係 (焼却灰A)

4-2 コーン貫入試験 コーン貫入試験には焼却灰Aを用いた。供試体は最適含水比に調整した焼却灰Aを1層を25回で締固め、計3層で作製した。供試体の養生条件は、曝露養生(屋上にて養生)、海水養生(海水温0一定)の2種類を行った。図-7 にコーン貫入値と養生日数の関係を示す。28日養生後から曝露養生、海水養生共に急激なコーン貫入値の増加が発生している。これは図-6 で示した結果同様に焼却灰中のCa等の影響による固結力の発生に起因していると考えられる。

5 まとめ 焼却灰は、発生場所、発生時期によって組成及び物理特性が大きく変化することが明らかになった。

CBR 試験結果より焼却灰は、埋戻し材として十分な強度を持つ材料であることが示された。

一軸圧縮試験、コーン貫入試験により、自硬性を発現することが確認できた。

【参考文献】1) 社団法人 廃棄物学会：廃棄物ハンドブック，pp.636，1996. 2) 島岡隆行ら：「埋立廃棄物の力学特性と埋立構造物の安定性に関する実験」，土と基礎，Vol.45，No.7，pp.24～26，1997. 3) 佐藤ら：一般廃棄物焼却灰の物理特性に関する研究，平成13年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp.A384～385，2001. 4) 花嶋正孝，島岡隆行ら：「物理選別処理による一般廃棄物焼却灰の有効利用について-選別処理焼却灰の性状-」，第9回廃棄物学会研究発表会講演論文集，pp410-412，1998.