

紫外線・赤外線照射による一般廃棄物焼却灰の安定化技術に関する研究

九州大学大学院 学生員 ○溝田景子

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 現在、全国で年間合計約 809 万トンの焼却残渣等の最終処分量を排出¹⁾している。しかし、焼却灰の有効利用は法律による規制もあり未だ進んでおらず、埋立処分が中心である。また埋立処分場にも限りがあるため今後焼却灰の有効利用が不可欠と考えられる。しかし、焼却灰中には重金属類が含まれるため有効利用時にはその安定化が必要不可欠な課題となる。現在、焼却灰を安定化させる技術として、①薬剤による方法²⁾、②炭酸ガスを用いる方法³⁾、③水洗いによる方法⁴⁾が研究されている。一方欧米では、**図-1**に示すように焼却灰を一旦ストックヤードに3ヵ月程度仮置き、雨、風、大気中のCO₂を利用し安定化させるウェザリングによる方法が主流となっている。本研究では、これらの安定化技術の問題点を明らかにし、それを解決する新たな安定化技術を開発する。そこで未だ研究が着手されておらず、一般廃棄物焼却灰が大気中に放置される際に直接的に受ける太陽光に着目し、太陽光中の紫外線・赤外線の光エネルギーによる安定化効果の検討を行った結果について報告する。

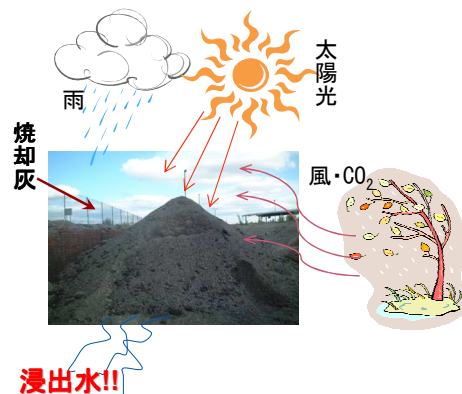


図-1 焼却灰ウェザリングによる安定化の状況

2. 実験概要 本研究に用いた紫外線・赤外線照射装置を**図-2**に示す。紫外線は波長が352nm(UVA)を、赤外線は波長が600~780nmのものを使用する。紫外線に関しては、照射距離2cmと10cmの2パターンで照射を行った。紫外線・赤外線は密閉暗室状態において焼却灰の一方から照射し、安定化期間56日で行った。使用する焼却灰はA市焼却処理施設より発生する一般廃棄物であり、実験では採取した焼却灰のうち2mmふるい通過した試料を使用した。**表-1**に採取時の含有量、溶出量及びウェザリング法による養生時の浸出水に溶出した重金属の浸出量を示す。表から分かるように焼却灰は多量の重金属を含有し、特にPbの溶出量は土壤環境基準値を上回っている。実験では、紫外線・赤外線照射による安定化と、既存の研究との比較のため屋外に焼却灰を放置するウェザリング法を模擬した安定化と、一定期間炭酸ガスを透過させる炭酸法を模擬した安定化を行った。いずれの安定化技術においても所定の時間経過後に各装置から一定量のサンプリングをそれぞれ行い、前処理を行った後、ICP発光分析装置を用いて重金属類の溶出量の計測を行った。溶出試験方法には、環境告示46号法を用いた。花嶋ら⁵⁾は未処理の焼却灰から溶出される重金属ではPbが特に多いことを報告していることから特にPbの溶出挙動に着目する。

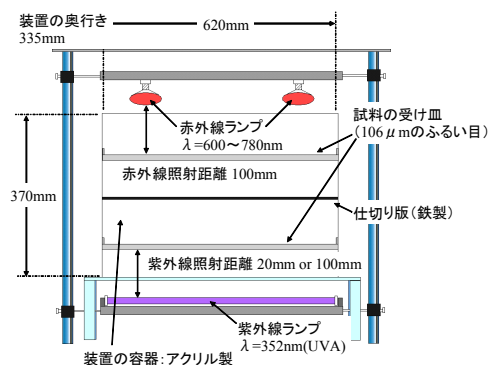


図-2 紫外線・赤外線照射装置

表-1 採取時の含有量、溶出量及び浸出量

	pH	B	Cr	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb
含有量(mg/kg)	-	2.34	-	144	70.3	152	0.116	41.5
溶出量(46号)(mg/l)	12.06	0.0227	0.0108	0.00627	0.329	0.116	ND	0.493
浸出量(mg/l)	-	0.600	0.0657	0.00413	0.105	0.0209	ND	0.00680

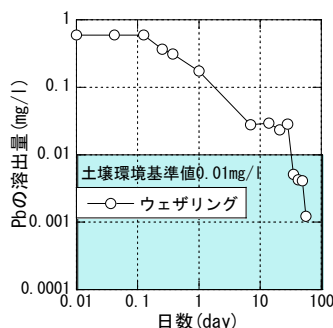


図-3 ウェザリング法によるPb溶出量

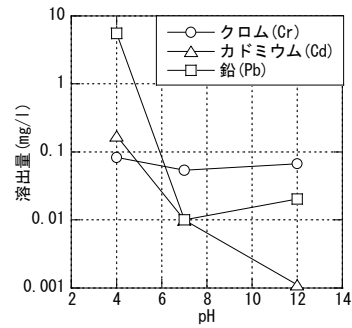


図-4 ウェザリング pH 依存性

キーワード 光エネルギー、一般廃棄物焼却灰、安定化技術、溶出試験、重金属類

連絡先 〒814-0180 福岡市城南区七隈 8-19-1 福岡大学工学部社会デザイン工学科 TEL 092-871-6631

3. 既存の安定化技術

3-1 ウェザリング法 ヨーロッパで実際に行われている状況を模擬した装置で実験を行った結果より、**図-3**にウェザリングにおけるPbの溶出量を示す。**図-3**よりPbの溶出量は減少していることが分かる。ウェザリング法では経過日数とともにpHが低下している。Pbの溶出抑制はこのpHの低下によるものと考えられる。そのため、安定化後の焼却灰を用いてpH依存性試験を行った結果を**図-4**に示す。両性金属である鉛の溶出量は、中性で減少し酸性・アルカリ性で増加していることが分かる。よってpHの低下による溶出抑制であることが分かった。ウェザリング法では屋外に焼却灰を直接置くため、風による飛散や雨による浸出水が発生することが問題となっている。

3-2 炭酸法 日本で研究が進められている技術の一つである炭酸ガスによる安定化を模擬して実験を行い検討すると、ウェザリング同様に、Pb溶出抑制効果が得られ、経過時間とともにpHは低下している。よって、炭酸化による安定化でもpHの低下による溶出抑制であることが分かった。このようにこの既存の研究ではpHの低下によって安定化しているため、土壌のアルカリ化が起こった場合の溶出量が懸念される。

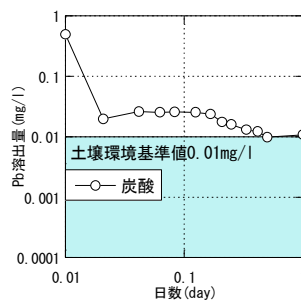


図-5 炭酸法によるPb溶出量

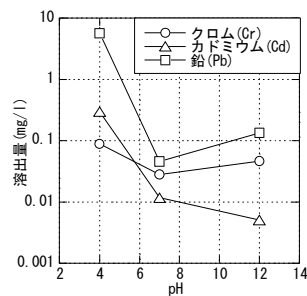


図-6 炭酸化pH依存性

4. 光エネルギーによる安定化

照射する光エネルギーの波長を変えて安定化を行った場合の影響を**表-2**～**4**に示す結果より検討した。**表-2**～**4**に紫・赤外線照射の試料サンプリング時に計測された含水比、塩分濃度、pHの結果を示す。紫外線・赤外線ともにpHはpH12付近で変化はなく高アルカリのままである。塩分濃度に関しては、赤外線照射

表-2 紫外線(10cm)実験データ

日数	温度(°C)	含水比(%)	塩分濃度(%)	pH
0 h	20.0	38.4	0.86	12.21
1 h	20.0	36.3	0.90	12.16
3 h	20.0	36.0	1.29	12.20
6 h	20.0	35.0	0.88	11.98
9 h	25.5	35.6	0.81	12.18
24 h	26.7	34.0	0.98	12.19
7 day	24.8	17.3	1.05	12.11
14 day	26.3	10.9	0.81	12.14
21 day	24.4	8.6	0.89	12.38
28 day	24.5	3.9	0.71	12.26
35 day	30.5	3.5	1.02	12.17
42 day	28.5	3.3	0.74	12.05
49 day	26.5	3.5	0.50	12.20
56 day	27	3.4	0.83	12.27

表-3 紫外線(2cm)養生データ

日数	温度(°C)	含水比(%)	塩分濃度(%)	pH
0 h	20.0	37.39	0.849	12.06
1 h	16	34.25	0.859	12.77
3 h	19.7	34.76	0.539	12.74
6 h	22.5	34.33	0.509	12.76
9 h	23.5	32.99	0.528	12.74
24 h	23.5	28.48	0.995	12.69
7 day	27.2	12.45	1.04	12.78
14 day	25.5	7.40	0.589	12.48
21 day	23.5	5.46	0.771	12.39
28 day	26	5.83	0.942	12.30
35 day	26	4.71	1.33	12.72
42 day	33	4.48	0.636	12.29
49 day	24.5	4.42	0.731	11.86
56 day	24	4.54	0.842	11.48

表-4 赤外線実験データ

日数	温度(°C)	含水比(%)	塩分濃度(%)	pH
0 h	20.0	37.1	0.73	12.03
1 h	20.0	37.2	1.07	12.19
3 h	20.0	35.1	0.50	12.21
6 h	20.0	32.2	0.76	12.09
9 h	36.5	33.3	1.00	12.15
24 h	43.8	25.1	0.86	12.13
7 day	46.1	3.1	0.79	12.28
14 day	45.5	2.4	1.03	12.21
21 day	43.8	3.8	0.54	12.57
28 day	47.9	2.1	0.72	12.59
35 day	49.3	1.8	0.53	12.70
42 day	47.7	1.7	0.45	12.60
49 day	43.5	2.0	0.82	12.75
56 day	42	2.1	0.57	12.89

法ではわずかではあるが減少傾向にあることが分かる。紫外線照射法ではほとんど減少効果は見られない。また、**図-7, 8**は、紫・赤外線照射のPb溶出量とpH依存性試験結果である。紫外線ではpHが低下していないが安定化傾向を示している。**図-8**からもPbは両性金属で酸性・アルカリ性で溶出するはずだが、アルカリ性で溶出されておらず、紫外線照射法でのPb溶出抑制はpHに依存していないことが分かる。このようにpH・塩分濃度の下がっていない紫外線照射法でPbの溶出量が減少しているのは照射している光エネルギーがPbに影響を

及ぼしたためと考えられる。またPbのイオン化エネルギーが小さいために光触媒等の反応で発生するヒドロキシラジカルとの結合が促進されたためと思われる。

5. まとめ ①紫外線照射により安定化した焼却灰はpHの中性化による溶出抑制ではない。②赤外線ではPbの溶出抑制効果は見られないが、塩分濃度は減少傾向を示している。以上より紫外線・赤外線照射によって、副次的な作業を必要とせず、Pbの溶出量を低下させ安定化を促進できることが明らかになった。

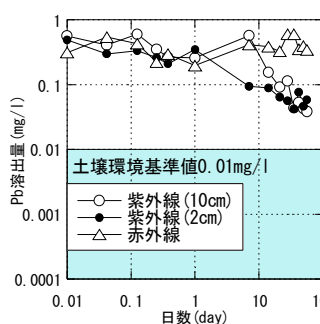


図-7 紫・赤外線によるPb溶出量

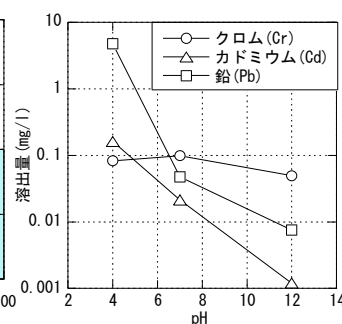


図-8 紫外線56日pH依存性

参考文献 1) 環境省ホームページ http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/h16/index.html. 2) 山本ら：飛灰の液体キレート剤による鉛安定化機構, 第11回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp.892-894, 2000. 3) 清野ら：炭酸ガス中和処理による焼却灰からの重金属溶出抑制に関する研究, 第10回廃棄物学会研究発表会論文集, pp.497-499, 1999. 4) 上田ら：焼却残渣(主灰)からの有機物の溶出挙動とその洗浄除去, 第15回廃棄物学会研究発表会論文集, pp.1078-1080, 2004. 5) 花嶋ら：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, 第10回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp.500-502, 1999.