

光エネルギーを用いた一般廃棄物焼却灰の安定化技術に関する研究

福岡大学工学部 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。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である。現在、焼却灰を安定化させる技術として、薬剤による方法²⁾、炭酸ガスを用いる方法³⁾、水洗いによる方法⁴⁾が研究されている。一方欧米では、焼却灰を一旦ストックヤードに3ヵ月程度仮置きし、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。そこで本研究では、**図-1**に示すフローチャートに従って、これらの問題を解決する新たな安定化工法を開発するため、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光エネルギーに着目し、光エネルギーによる安定化の検討を行った結果について報告する。

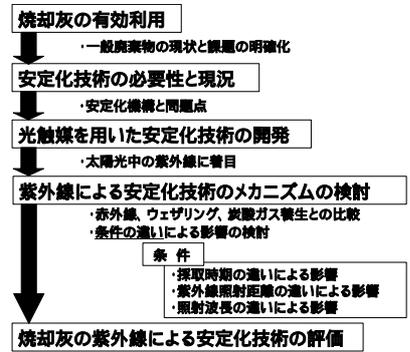
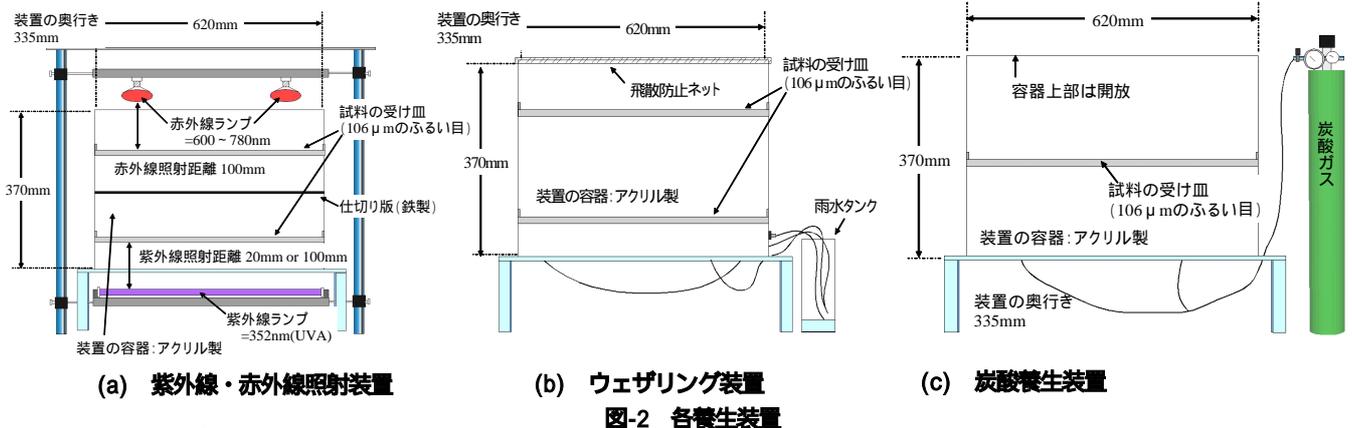


図-1 本研究のフローチャート

2. 実験概要 本研究に用いた紫外線・赤外線照射装置、ウェザリング装置、炭酸養生装置をそれぞれ**図-2**に示す。(a)の装置では、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。(b)のウェザリング装置はヨーロッパで行われている養生を、(c)の炭酸養生装置は炭酸化による安定化を模擬したものである。紫外線に関しては、照射距離2cmと10cmの2パターンで養生を行った。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、**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中に溶出した重金属の浸出量を示す。実験では、紫外線・赤外線照射による養生と、比較のため屋外に焼却灰を放置するウェザリング法による養生と一定期間炭酸ガスを透過させる炭酸法による養生を行った。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、ウェザリング法では装置を野外に静置し、養生期間56日で行った。炭酸法は装置を換気を行える所で**図**に示した養生箱内に炭酸ガスを最初の4分間は20ml/min、その後は4ml/minで通して養生期間24時間で行った。いずれの養生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。



3. 実験結果及び考察

3-1 安定化技術の違いによる分析結果 **表-2~6**に各養生における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。pHに関しては紫外線・赤外線はpH12付近で変化はなく高アルカリのままである。ウェザリング法、炭酸法では日数の増加に伴い徐々に減り中性化されている。塩分濃度に関しては、赤外線照射法ではわずかではあるが減少傾向にあることが分かる。ウェザリング法は降雨により減っているが、

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)	-	234	-	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

炭酸法、紫外線照射法ではほとんど減少効果は見られない。図-3に土壤環境基準の定められている重金属類、(a)にクロム(Cr)、(b)にホウ素(B)、(c)に鉛(Pb)の溶出量を示す。Cdはいずれの安定化技術についても溶出量が定量下限値以下だったため記載していない。両性金属であるPbでは炭酸法、ウェザリング法、紫外線法で溶出量が時間の経過に伴って減少していることが分かる。

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	37.4	0.85	12.06
1 h	16	34.3	0.86	12.77
3 h	19.7	34.8	0.54	12.74
6 h	22.5	34.3	0.51	12.76
9 h	23.5	33.0	0.53	12.74
48 h	23.5	28.5	1.00	12.69
7 day	27.2	12.5	1.04	12.78
14 day	25.5	7.4	0.59	12.48
21 day	23.5	5.5	0.77	12.39
28 day	26	5.8	0.94	12.30

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

表-5 ウェザリングデータ

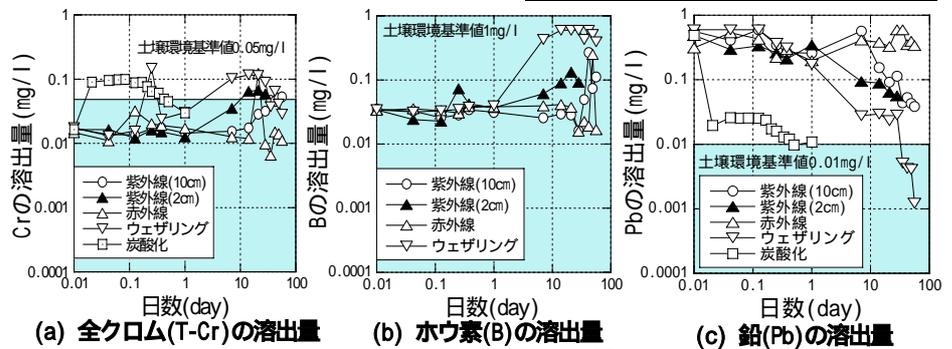
日数	温度(°C)	含水比(%)	塩分濃度(%)	pH
0 h	20.0	36.7	0.97	11.93
1 h	20.0	35.4	1.02	12.21
3 h	20.0	32.9	0.67	12.22
6 h	20.0	30.8	1.18	12.16
9 h	19.5	31.3	1.01	12.12
24 h	32.6	21.3	1.07	11.97
7 day	42.8	1.9	0.60	10.81
14 day	37.7	1.5	1.5 >	10.28
21 day	46.3	1.9	0.86	10.57
28 day	38.2	1.5	0.68	10.3
35 day	18.5	67.7	0.05	10.3
42 day	30.0	2.3	0.31	9.53
49 day	10.0	33.7	0.07	9.66
56 day	13.0	43.9	0.01	10.1

このような溶出量の低下は、炭酸法はpHの中性化による安定化と考えられ、ウェザリング法ではpHの中性化及びCl⁻との結合により⁵⁾ PbCl₂、CrCl₂、BCl₃が生成するなどして安定化すると考えられる。これらは効果的な安定化技術であるが、炭酸法では土壤のpHが変化した場合の溶出が懸念され、ウェザリング法は浸出水の処理が必要となる。pH・塩分濃度の下がっていない紫外線照射法で溶出量が減少しているのは光エネルギーにより光触媒作用が起こり、またPbのイオン化エネルギーが小さいために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。

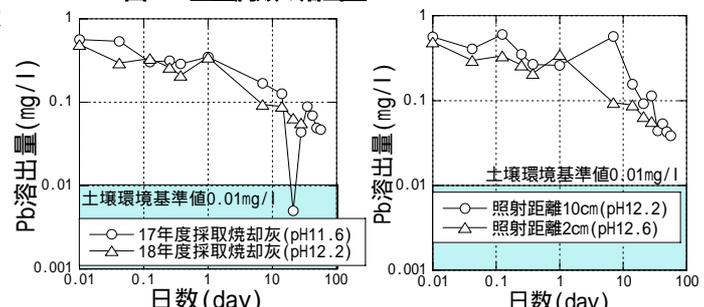
表-6 炭酸養生データ

日数	温度(°C)	含水比(%)	塩分濃度(%)	pH
0 h	20	37.4	0.85	12.06
0.5 h	27.0	36.4	0.92	11.33
1 h	23.5	36.3	0.69	11.06
1.5 h	20.5	36.3	0.85	10.99
2 h	19.0	36.0	1.01	10.90
3 h	18.6	35.9	0.85	10.28
4 h	18.0	35.9	1.33	9.73
5 h	18.0	35.7	0.95	9.74
6 h	17.2	34.8	0.93	9.64
8 h	17.1	33.7	1.08	9.55
10 h	17.0	32.0	1.24	9.47
12 h	16.8	29.4	1.03	9.04
24 h	16.2	15.1	1.5 >	9.00

3-2 採取時期の違いによる影響 図-4に紫外線養生の採取時期の違いによるPb溶出量を示す。採取時期の異なる焼却灰に対して光エネルギーを用いた安定化効果の検討を行った。花嶋ら⁶⁾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。そこで採取時期の違いによる影響についてPbの溶出量から検討を行った。表-2、3からも分かるように焼却灰の有する緩衝能によりpHは高アルカリを維持しているにもかかわらず、Pb溶出量は減少傾向を示している。この結果は光エネルギーが排出時期によらず重金属の安定化に有効であることを示していると考えられる。



3-3 照射距離の違いによる影響 図-5は照射距離2cm、10cmの2パターンで紫外線照射を行ったPbの溶出量の結果である。照射距離2cmは28日までの結果であるが、照射距離によらず、Pb溶出量は低下している事が分かる。



4.まとめ 光エネルギーを用いた紫外線照射法による安定化では、焼却灰の採取時期に左右されない。光エネルギーの照射距離の違いによる影響は見られなかった。以上より紫外線照射によって、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と考えられる。

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) 中原ら：飛灰の塩化鉛イオン抽出プロセス, 第11回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp.895-897, 2000. 6) 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.