

# 一般廃棄物焼却残渣中のTiO<sub>2</sub>が紫外線照射に伴う鉛不溶化効果に与える影響

福岡大学大学院 学生会員 ○隈本祥多

福岡大学工学部 正会員 佐藤研一 藤川拓朗

(独)国立環境研究所 正会員 肴倉宏史 藤森 崇

**1. はじめに** 一般廃棄物焼却残渣は高濃度の重金属を含有するため、最終処分場に埋立処理されるのが一般的である。しかし近年、最終処分場が逼迫している社会情勢を鑑み、これら一般廃棄物焼却残渣中の重金属を安定化(不溶化)及び無害化し、有効利用を行う研究が行なわれている<sup>1)</sup>。既存の安定化技術にはエージング処理、キレート処理などの様々な方法があるが、安全性、経済性等において課題が残されているため、より良い安定化処理及び資源化処理方法の開発が求められている<sup>2)</sup>。そのような中、本研究ではこれまでに一般廃棄物焼却主灰や一般廃棄物焼却飛灰(以後、焼却飛灰)に紫外線を照射させることにより重金属(特に鉛)の溶出濃度の低減化が可能であることを明らかにしており、そのメカニズムは光触媒反応によるものであると考えている<sup>3)</sup>。本報告では一般廃棄物焼却残渣中のTiO<sub>2</sub>が鉛不溶化効果に与える影響について報告する。

**2. 実験概要** 図-1に光触媒による不溶化効果のイメージを示す。ここで光触媒とは光が当たると触媒となる物質であり、他の物質の反応を促進させるが、自らは変化しないといった特徴を持つ<sup>4)</sup>。また、光触媒反応とは光(紫外線)のエネルギーを受けることにより、触媒と成り得るTiO<sub>2</sub>等の金属酸化物半導帯の内部で励起電子と正孔が酸化還元反応を起こすことをいう<sup>5)</sup>。本研究ではTiO<sub>2</sub>が溶出濃度に与える影響について検討した。

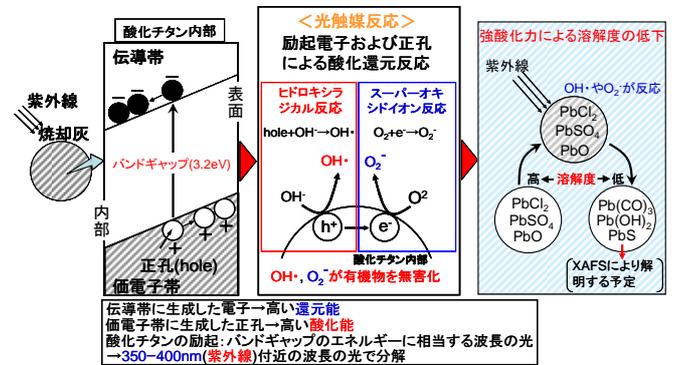


図-1 光触媒反応の不溶化効果のイメージ

**2-1 鉛を不溶化させる触媒の同定** 本実験に用いた試料を

**写真-1**に示す。焼却飛灰は一般廃棄物を焼却処理した際に、溶融飛灰は焼却飛灰等をさらに約1200℃で溶融処理した際にそれぞれ発生する廃棄物であり、溶融飛灰は焼却飛灰に比べて非常に多くの重金属及びダイオキシン類を含有している。**表-1**にそれぞれの化学組成を示す。

本実験に用いた試料は光触媒反応の触媒と成り得るTiO<sub>2</sub>、ZnO、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Cu<sub>2</sub>Oなどの金属酸化物半導体含有していることが分かる。本実験では最も触媒になりやすいとされるTiO<sub>2</sub>(アナタース型)に着眼し、TiO<sub>2</sub>を含有する焼却飛灰と含有しない溶融飛灰を用いた比較実験を行うとともに、TiO<sub>2</sub>と同じバンドギャップエネルギー<sup>4)</sup>(3.2eV)を持つZnOを焼却飛灰及び溶融飛灰に添加させ、不溶化効果の比較を行った。次に、本実験で用いた装置を**写真-2**に示す。

表-1 焼却飛灰及び溶融飛灰の化学組成

分析対象	焼却飛灰 (%)	溶融飛灰 (%)
SiO <sub>2</sub>	22.3	0.5
CaO	19.4	24.1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.5	0.6
MgO	1.8	0.6
MgO	3.8	0.2
Na <sub>2</sub> O	6.2	13.1
K <sub>2</sub> O	5.6	8.9
ZnO	0.6	1.9
TiO <sub>2</sub>	0.7	0.1未満
Cu <sub>2</sub> O	0.1未満	0.7
ZrO <sub>2</sub>	0.1未満	0.1未満
PbO	0.1未満	0.4



写真-1 実験試料

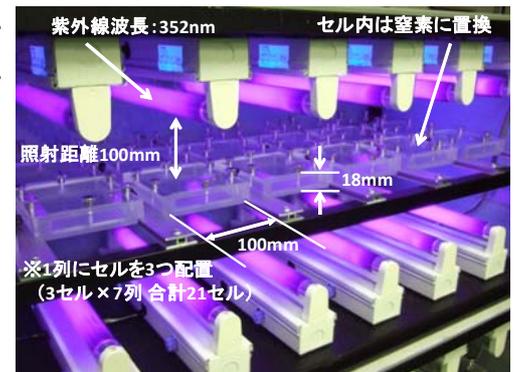


写真-2 気体封入型紫外線照射装置

この装置はセルにチューブを取り付け、容量約900mlのガスバックに気体を注入し密封させてセル内に気体を置換可能であり、1列に3つセルを並べ満遍なく紫外線を照射することが可能といった特徴を有している。なお、実験にはセル内を窒素で置換し、ピーク波長352nmの紫外線ランプを用いて照射実験を行っている。

**2-2 実験手順** 1つのセル内に試料(焼却飛灰または溶融飛灰)3gを薄く敷き装置に設置する。その後、**表-2**に示す

キーワード 紫外線, 一般廃棄物焼却残渣, 不溶化, 鉛

連絡先 〒814-0180 福岡市城南区七隈8丁目19-1 福岡大学工学部 TEL092-871-6631

条件において所定の日数照射した後、試料を取り出し、鉛が溶出しやすいアルカリ環境下に溶媒を調整し、1時間振とうする。

表-2 焼却飛灰及び溶融飛灰に触媒を置換した場合の実験条件

試料	触媒	触媒置換率(%)	置換条件	紫外線波長	L/S	1回のサンプル数	照射日数	pH	振とう時間
焼却飛灰	TiO <sub>2</sub>	0	N <sub>2</sub>	UVA	50	3	3, 7, 14, 28, 42, 56	12	1
	ZnO	10							
溶融飛灰	TiO <sub>2</sub>	50							

その後、ろ過を行って検体を作製し、ICP プラズマ発光分析装置を用いて鉛を定量した。ここで、表中の触媒置換率とは焼却飛灰、溶融飛灰の乾燥重量に対し、金属酸化物半導体(酸化チタンまたは酸化亜鉛)を 10%及び 50%置換させることを意味している。

3. 実験結果及び考察 表-3 に各照射実験結果における最終 pH を示す。最終 pH は全て高アルカリ環境下にあり、炭酸化

による鉛の溶出濃度の低下は起こりにくい状況であることが分かる。図-2 に焼却飛灰を用いた照射実験結果を示す。紫外線を照射することにより TiO<sub>2</sub> を含有する焼却飛灰では、照射日数とともに鉛の溶出濃度が低下していることが分かる。これに対し、図-3 に示す TiO<sub>2</sub> を含有していない溶融飛灰においては、照射日数に伴う鉛の溶出濃度の低下は見られず、分析結果も非常にばらつく結果を示した。このことから TiO<sub>2</sub> を含有しているか否かが不溶化効果に影響を与えている可能性があると考えられる。次に、図-4 に焼却飛灰における TiO<sub>2</sub> の低減効果、図-5 に焼却飛灰における酸化亜鉛の低減効果を示す。ただし、これらは溶出濃度の低下率に着目して比較するため、両者をそれぞれ初期値(照射 0 日)の溶出濃度で正規化したものである。この結果から焼却飛灰に TiO<sub>2</sub> を置換させた場合、置換率が高くなるほど鉛の溶出濃度の低下は顕著であることが分かる。一方、酸化亜鉛について

を見ると、置換率の違いによる不溶化効果の成果は得られなかった。これらのことから、TiO<sub>2</sub> が不溶化効果に寄与している可能性があると考えられる。また、溶融飛灰に TiO<sub>2</sub> を置換させた照射結果を図-6 に示す。溶融飛灰単体では、溶出濃度の低下が見られなかったものの、TiO<sub>2</sub>10%置換においては照射日数の増加に伴う鉛の溶出濃度の低下が僅かながら見られた。しかしながら、溶融飛灰中の鉛の含有量が焼却飛灰に比べ非常に高く、結果にもばらつきが生じ、置換率 50%においては差ほど効果を得ることが出来なかった。これらの点については、照射日数の経過も踏まえ、今後更なる検討が必要である。

4. まとめ 1) TiO<sub>2</sub> を含有する焼却飛灰は、紫外線照射に伴い鉛の不溶化効果が得られ、TiO<sub>2</sub> を含有しない溶融飛灰では、鉛の不溶化効果は得られない。2) 酸化チタンを焼却飛灰中に置換させることにより鉛の溶出濃度の低下が見られ、その低下率は酸化チタンの置換率が高いほど顕著である

参考文献 1)山本ら:飛灰の液体キレー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, pp892-894, 2000. 2)福田誠、木村智博、釜本英一、田口洋治:「土壌重金属の不溶化技術」,地盤工学会誌, Vol.58 No.9 ser.No.632, pp.52-53, 2010. 3)例えば吉田ら:紫外線照射による一般廃棄物焼却飛灰中の鉛の不溶化とその化学形態変化,第 21 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集, pp.391-392, 2010. 4)佐藤しんり,図解雑学光触媒,ナツメ社, 2004. 5)吉田隆,最新光触媒技術,エヌ・ティー・エス, 2000.

表-3 各実験結果における最終 pH

照射日数(日)	pH							
	焼却飛灰	溶融飛灰	焼却飛灰 TiO <sub>2</sub>		焼却飛灰 ZnO		溶融飛灰 TiO <sub>2</sub>	
			触媒置換率(%)	触媒置換率(%)	触媒置換率(%)	触媒置換率(%)		
0	12.32	12.45	12.38	12.26	12.43	12.34	12.89	12.78
3	12.28	12.42	12.20	12.33	12.46	12.47	12.77	12.62
7	12.13	12.45	12.37	12.38	12.34	12.30	12.80	12.65
28	12.14	12.38	12.37	12.17	12.44	12.43	—	—
42	12.14	12.49	12.30	12.23	12.33	12.25	—	—
56	12.01	12.68	12.33	12.33	12.28	12.23	—	—

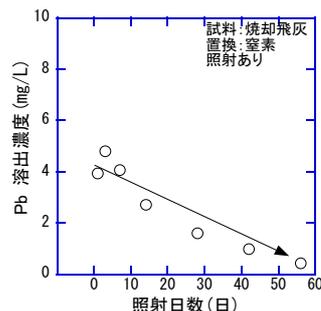


図-2 焼却飛灰を用いた照射実験結果

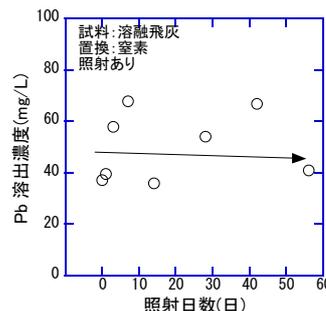


図-3 溶融飛灰を用いた照射実験結果

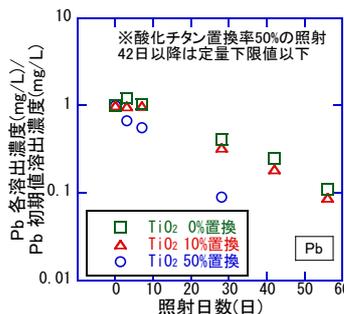


図-4 TiO<sub>2</sub> の低減効果(焼却飛灰)

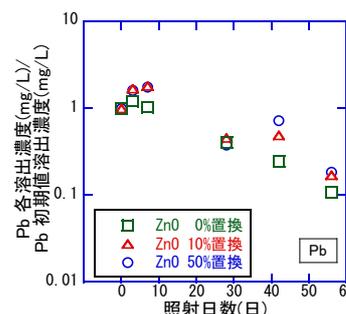


図-5 酸化亜鉛の低減効果(焼却飛灰)

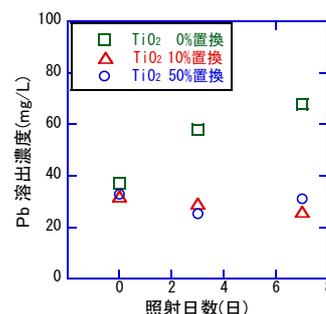


図-6 TiO<sub>2</sub> の低減効果(溶融飛灰)