

紫外線照射による都市ごみ焼却灰の鉛不溶化メカニズムの検討

福岡大学工学部 学生会員 原田 裕丈

福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一 藤川 拓朗

1.はじめに 現在、焼却灰に含まれる重金属を不溶化(安定化)させるための研究開発^{1), 2)}が盛んに行なわれており、効果的な不溶化方法が求められている。著者ら³⁾は、焼却灰に紫外線を照射させ重金属の不溶化を促進させる研究を行っている。図-1に昨年度の研究成果を示す。これまでの研究成果により都市ごみ焼却灰に紫外線を照射する事で、焼却灰中のPbの溶出濃度を効果的に低減させることが出来る事が分かっている。しかしながら、不溶化のメカニズム解明には至っていない。そこで本年度は、紫外線照射による重金属不溶化のメカニズムの解明について実験的検討を行った結果について報告する。

2.実験概要 本研究の不溶化のメカニズムは、光触媒反応による不溶化効果もしくは化合物の形態変化による不溶化効果であると考えている。図-2に光触媒反応による不溶化効果のイメージを示す。ここで光触媒反応とは、触媒自体は変化することなく、励起電子およびまたは正孔(hole)による酸化還元反応を指す。光触媒反応のメカニズムは、ヒドロキシラジカル説とスーパーオキシドイオン説の2つのメカニズムが提唱されている⁴⁾。これらのラジカルは非常に反応性が強く、反応物を酸化させる性質を有している。

その性質により、鉛化合物を酸化分解しているものと考えられる。また、化合物の形態変化においては、溶解度の高いPb化合物が溶解度の低いPb化合物へと形態変化しているものと考えられる。これらの不溶化効果のメカニズムを解明すべく、今回は光触媒による不溶化効果と捉え、以下に示す2点について実験的検討を行った。

2-1 真空状態の影響 ラジカルのうち、スーパーオキシドイオンによる光触媒反応では、励起した電子が大気中の酸素と反応することで発生することが分かっている。そこで、小型・紫外線照射装置(以後、装置A)³⁾を用い、真空状態における不溶化効果の検討を行った。この装置は真空状態の有無による影響を把握するための装置で、約85gの焼却灰を薄く敷き、満遍なく光を照射できるように工夫し、焼却灰粒子全体に効果的に紫外線を照射することが可能である。

2-2 波長の違いによる影響 紫外線の波長(UVA:350nm)は、触媒である酸化チタンから電子を励起させるために必要なエネルギー(バンドギャップエネルギー)を有するエネルギーを持つとされている⁴⁾。また、焼却灰中には酸化チタンと同等のバンドギャップエネルギーを有する重金属が含まれているため、焼却灰中においても光触媒反応は十分起こると考えられる。一方で、電子を励起させるだけの最低限な波長はUVAの有する波長とされている。つまり、光触媒反応において紫外線は電子を励起させるための役割だけでなく、紫外線波長をエネルギーの大きいUVB(250nm)に変えても得られる効果は同じはずである。そこで、波長の違う2種類の紫外線(UVAとUVB)を用いて不溶化効果の影響について、自動攪拌型紫外線照射装置(以後、装置C)³⁾を用いて検討を行った。この装置は、波長の違いによる影響を把握するための装置で自動制御による攪拌とベルトコンベアに約2mmで均一に敷くことができ、紫外線を満遍なく照射することが可能である。今回の実験では、なるべく炭酸化の影響を抑制するため攪拌は行なっていない。

2-3 実験条件 実験には、焼却処理工場より排出される都市ごみ焼却灰を2mm以下にふるい分けしたものをを用い

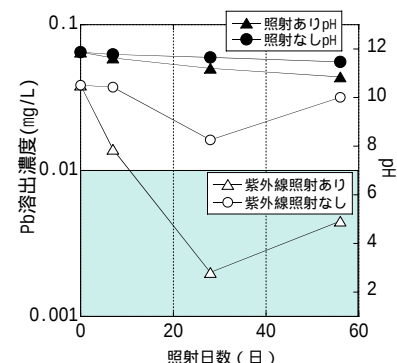


図-1 昨年度までの研究成果³⁾

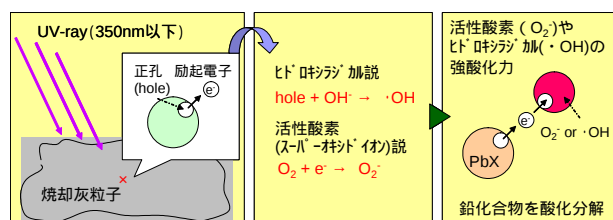


図-2 光触媒反応による不溶化効果のイメージ

表-1 各装置の実験条件

装置の種類	紫外線照射条件	大気との接触状態	照射日数(日)
小型・紫外線照射装置 (装置A)	有 無	密閉状態 真空状態	0
			1
			3
			7
			14
自動攪拌制御型 紫外線照射装置 (装置C)	有	密閉状態	28
			42
			56

た。各装置を用いた実験条件を表-1 に示す Pb の不溶化効果の確認には、環境省告示 46 号法（以下環告 46 号）を用いて Pb の溶出濃度の変化に着目し分析には ICP プラズマ発光分析装置を使用した。

3. 実験結果及び考察

3-1 真空状態の影響

図-3 に含水比と照射日数の関係を示す。図より紫外線を照射した条件では、初期の段階で急激な含水比の低下が見られた。これは紫外線照射により焼却灰の温度上昇に起因するものと考えられる。照射なし・真空なしの条件では容器が密閉され空気の出入りがないことから、含水比の急激な低下は見られないことが分かる。図-4 に pH と照射日数の関係を示す。図-5 に Pb 溶

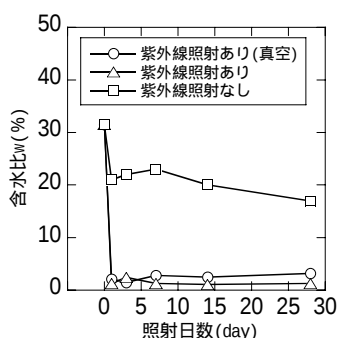


図-3 含水比と照射日数の関係

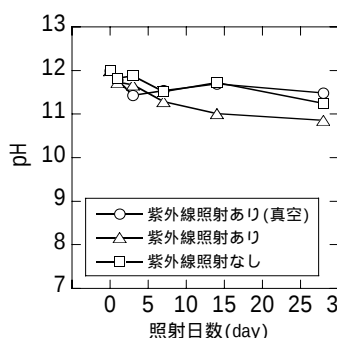


図-4 pH と照射日数の関係

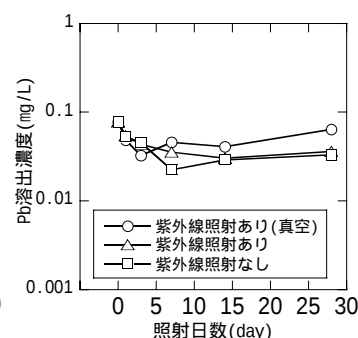


図-5 Pb と照射日数の関係

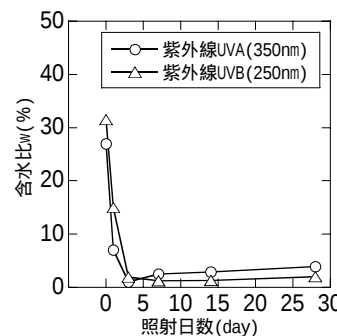


図-6 含水比と照射日数の関係

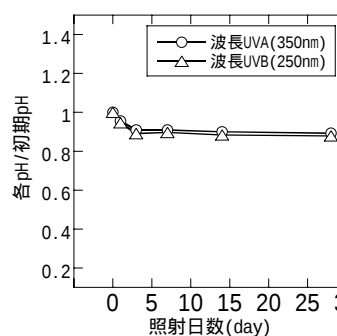


図-7 正規化 pH と照射日数の関係

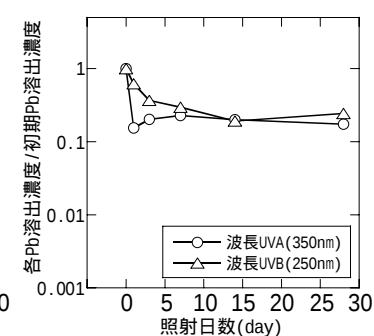


図-8 正規化 Pb 溶出濃度と照射日数の関係

出濃度と照射日数の関係を示す。図より、他の条件と比べ、真空状態下にある条件では紫外線を照射しているにも関わらず Pb の溶出濃度は低下することなく一定して高い値を示していることが分かる。このことから、Pb の不溶化には大気との接触が不可欠であることが推察される。また、照射 28 日までの結果では、溶存酸素の影響により、紫外線照射の有無による効果は見られなかった。そのため現段階までは、光触媒反応の効果と同定とすることは難しいが、引き続き今後の溶出挙動を調査していく予定である。

3-2 波長の違いによる影響

図-6 に含水比と照射日数の関係を示す。図より紫外線の波長の違いに関わらず、初期の段階で急激な含水比の低下が見られ 3 日以降は一定した値を保っている。図-7 に正規化 pH と照射日数の関係を示す。初期の pH に UVA と UVB で差があったため各日数で得られた pH を初期 pH で正規化して検討を行った。図より UVA と UVB は、同じ挙動を示していることがわかる。pH 低下の原因は、炭酸化の影響によるものと考えている。図-8 に正規化 Pb 溶出濃度と照射日数の関係を示す。先ほどと同様に、各日数で得られた溶出濃度を初期の溶出濃度で正規化して検討を行った。図より照射 1 日において溶出濃度に差はあるものの、その後照射 28 日までにいて、いずれも良く似た挙動を示しており、波長の違いによる影響は少ないと考えられる。つまり紫外線の効果は電子を励起させるだけの役割に留まると考えられ、光触媒反応による不溶化技術の可能性が示唆される。

4. まとめ Pb の溶出濃度は、1) 真空状態下においては紫外線を照射しているにも関わらず、低下することなく一定して高い値を示した。このことから、Pb の不溶化には大気との接触が不可欠であり、光触媒反応の可能性も推察される。2) 波長の違う UVA, UVB 共に同様な溶出挙動を示した。この事からも紫外線の効果は電子を励起させる役割に留まり、光触媒反応による不溶化効果の可能性が示唆された。

謝辞 実験を行うにあたり、日立建機㈱の橋本久儀氏にご協力を得ました。ここに記して心より謝意を表します。

参考文献 1) 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 2) 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 3) 藤川・佐藤ら, 紫外線照射による一般廃棄物焼却灰の重金属不溶化技術の開発, 第 43 回地盤工学研究発表会, 2008. 4) 佐藤しんり, 図解雑学光触媒, ナツメ社, 2004.