

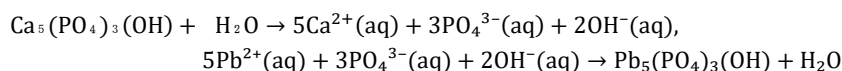
## 魚滓を有効活用したヒドロキシアパタイトによる飛灰中の鉛の安定化

○ (学) 野道武志<sup>1)</sup>、(非) Amirhomayoun Saffarzadeh<sup>2)</sup>、(非) Mitali Nag<sup>2)</sup>、(正) 小宮哲平<sup>2)</sup>、(正) 島岡隆行<sup>2)</sup>

1) 九州大学工学部、2) 九州大学工学研究院

## 1. はじめに

現在、我が国では年間 4,317 万 t の一般廃棄物が排出され、そのうち約 80%にあたる 3,294 万 t が焼却され年間 305 万 t の焼却残渣が排出されている<sup>1)</sup>。焼却残渣である飛灰は特別管理一般廃棄物に指定されており、清掃工場から搬出する際に重金属を安定化させることが義務付けられている。現在飛灰はセメント固化、キレート処理、焼成、溶融固化等の処理が行われ、その大部分が埋立処分されている。しかし、既存の処理方法では、高コスト、埋立体積が大きくなりすぎるなど様々な問題点がある。また、我が国では年間 730 万 t の魚介類が供給されており、毎年多くの魚滓が発生し、再利用または廃棄物として処分されている<sup>2)</sup>。魚骨の主成分であるヒドロキシアパタイト ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ ) は、鉛などの重金属と反応し、難溶性のリン酸塩を形成することが知られている<sup>3)</sup>。



カルシウムと鉛のイオン交換によって鉛ヒドロキシアパタイトが形成される。飛灰中鉛の安定化に魚骨の主成分であるヒドロキシアパタイトが有用であることは示されている<sup>4),5)</sup>が、埋立処分判定基準を下回るほどの効果は得られていなかった。本研究では、魚滓由来のヒドロキシアパタイトを用いた飛灰中の鉛の安定化のさらなる向上を図ることを目的に、安定化処理における液固比及び反応時間が及ぼす影響を検討した。

## 2. 試料及び方法

## 2.1 試料

F 市 S 清掃工場から採取されたキレート処理前の飛灰を試料として用いた。飛灰の XRD 分析結果を図 1 に示す。飛灰の鉛の溶出量 (環告 13 号) は 42.1 mg/L であった。

ヒドロキシアパタイト源として、魚滓から得られた魚骨材を用いた。次の a)~c) の 3 種類の魚骨材を用いた。a) 魚滓由来のヒドロキシアパタイト製品として販売されている魚骨チップ Apatite II™ を粉砕した魚骨材 (以下、製品と称す。)、b) F 市の鮮魚店で廃棄されたカンパチの魚滓から作成した魚骨材 (以下、カンパチと称す。)、c) F 市の鮮魚店で廃棄された複数魚種の魚滓を混合した魚骨材 (以下、魚種混合と称す。) である。

魚滓を 10 分間煮沸した後、肉等を取り除き骨のみにした。骨のみをさらに 10 分間煮沸し、油分を取り除いた。その後室温で 48 時間乾燥させ、魚骨材を得た。魚骨材は、粒径が 1 mm 以下になるように粉砕した。

魚骨材の XRD 分析結果を図 2 に示す。ヒドロキシアパタイトのピークは回折角  $31.8^\circ$  にみられる。ここでは示していないが、魚種混合においてもカンパチと同程度のヒドロキシアパタイトのピークが確認された。カンパチ及び魚種混合は、製品よりも、ヒドロキシアパタイトのピークが高く、ヒドロキシアパタイトをより多く含むことが示唆された。

## 2.2 実験方法

容量 250 mL のポリエチレン容器に飛灰 20 g と魚骨材 10 g を入れて混合し、液固比が 1.0 もしくは 1.5 になるまで水を注入して混ぜ合わせた後、密閉し、静置した。静置時間は 6、12、又は 24 時間とした。

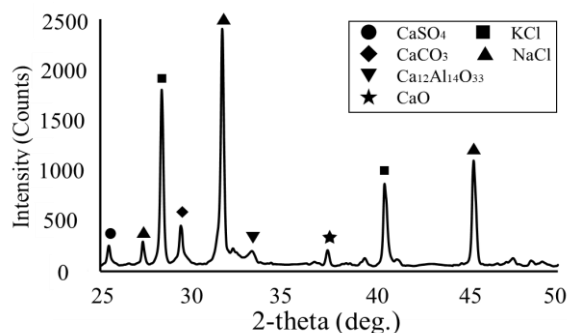


図 1 飛灰の XRD 分析結果

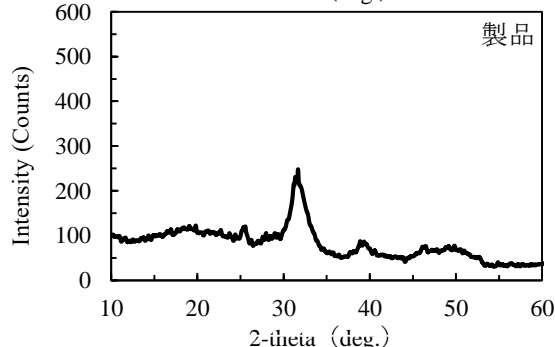
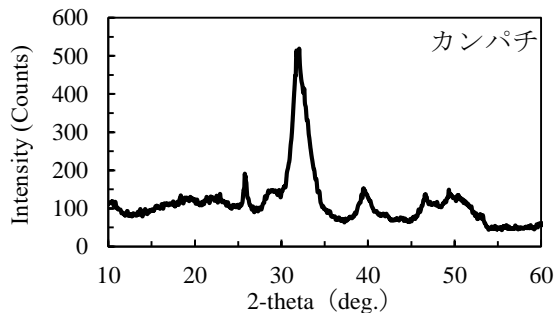


図 2 魚骨材の XRD 分析結果

【連絡先】〒819-0395 福岡市西区元岡 744 九州大学工学部地球環境工学科建設都市コース環境制御工学研究室  
野道武志 Tel: 092-802-3431 FAX: 092-802-3431 e-mail: nomichi-t@doc.kyushu-u.ac.jp

【キーワード】魚滓、飛灰、重金属、鉛、ヒドロキシアパタイト

静置後、振とう機を用いて 200 rpm で 6 時間振とうし、遠心分離機を用いて固液分離した後、0.1  $\mu\text{m}$  のろ紙を用いてろ過し、得られたろ液を酸分解し、1 %硝酸で 100 倍希釈した後、ICP 発光分析で重金属溶出量を測定した。

実験 1～3 を行った。実験 1 では魚骨材の種類の影響を検討した。魚骨材は全種、液固比は 1.0、静置時間は 24 時間とした。実験 2 では静置時の液固比の影響を検討した。魚骨材は全種、液固比は 1.0 又は 1.5、静置時間は 24 時間とした。実験 3 では静置時間の影響を検討した。魚骨材は製品及びカンパチ、液固比は 1.5、静置時間は 1、3、28 日間とした。

### 3. 結果及び考察

実験 1 の結果を図 3 に示す。図中の破線は未処理飛灰の鉛溶出量 (42.1 mg/L) を示す。鉛溶出量が最も低かったのは魚骨材が魚種混合の場合であり、その溶出量は 13 mg/L であった。魚骨材が製品の場合の鉛濃度は 29 mg/L であり、他の魚骨材を用いた場合と比較して大幅に高かった。これは、製品のヒドロキシアパタイト含有量が他の魚骨材よりも低かったことが影響したものと考えられる。このことから、魚骨材のヒドロキシアパタイト含有量を高くすることで、鉛の安定化が促進されると考えられる。

実験 2 の結果を図 4 に示す。図中の破線は未処理飛灰の鉛溶出量を示す。魚骨材が製品の場合では液固比の影響は見られなかったものの、魚骨材がカンパチ及び魚種混合の場合では液固比 1.5 よりも液固比 1.0 の方が鉛溶出量は低かった。これは液固比を低く設定することで、飛灰と魚骨材の接触が多く発生するためと考えられる。このことから液固比を低く設定することで安定化が促進されると考えられる。

実験 3 の結果を図 5 に示す。図中の破線は未処理飛灰の鉛溶出量を示す。魚骨材がカンパチの場合、製品の場合ともに、鉛溶出量が最も低かったのは 28 日間静置したサンプルであった。また、静置を 1 日間行うことで鉛溶出量は急激に低下し、静置時間をさらに長くすることで、次第に鉛溶出量が緩やかに低下した。これらのことから、魚骨材による飛灰中の鉛の安定化において、静置時間を長くするほど安定化が進行し、特に静置開始直後に安定化が急激に進行するものと考えられる。

### 4. 結論

魚骨材を用いて飛灰中の鉛の安定化の促進を図るには、ヒドロキシアパタイト含有量が高い魚骨材を用いること、飛灰と魚骨材と水を混合した後の静置時間を長くすること、液固比を低く設定することが有効であることが示された。

**謝辞:** 本研究は JSPS 科研費 JP18K11697 (Stabilization of hazardous heavy metals in municipal solid waste incineration fly ash using natural fishbone hydroxyapatite: A novel approach to the treatment of waste material、研究代表者: サファルザデ アミルホマユン) の助成を受けた。記して謝意を表する。

#### [参考文献]

- 1) 環境省 (2018), 日本の廃棄物処理 平成 28 年度版, p. 5.
- 2) 水産庁 (2017), 平成 29 年度水産白書, p. 4.
- 3) Q. Y. Ma, S. J. Traina and T. J. Logan (1993), In Situ Lead Immobilization by Apatite, Environ. Sci. Technol., Vol. 27, No. 9, pp. 1803-1810.
- 4) Yue Mu, Amirhomayoun Saffarzadeh, Takayuki Shimaoka (2018), Utilization of waste natural fishbone for heavy metal stabilization in municipal solid waste incineration fly ash, Journal of Cleaner Production, Vol. 172, pp. 3111-3118.
- 5) Yue Mu, Amirhomayoun Saffarzadeh, Takayuki Shimaoka (2018), Influence of ignition of waste fishbone on enhancing heavy metal stabilization in municipal solid waste incineration (MSWI) fly ash, Journal of Cleaner Production, Vol. 189, pp. 396-405.

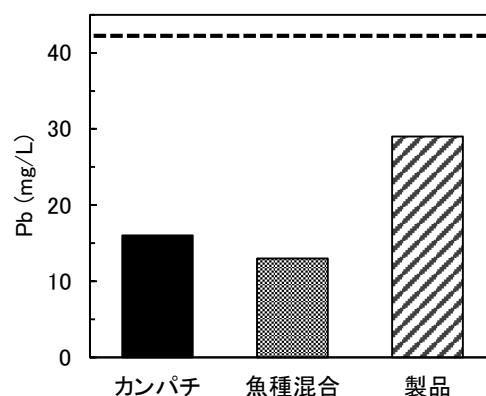


図3 魚骨材の種類の比較

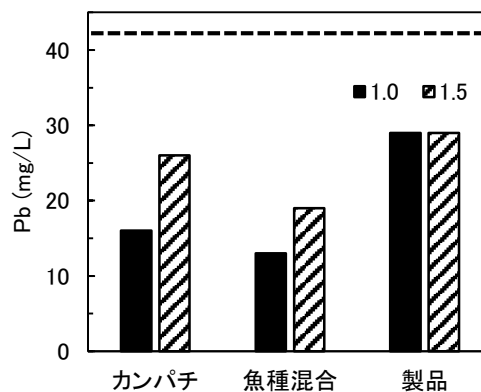


図4 静置時の液固比の影響

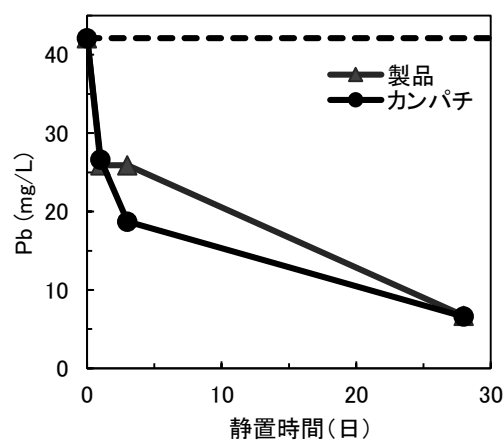


図5 静置時間の影響