―経常研究―

# 溶融スラグ、廃ガラス等を活用した水熱反応による吸着材の開発

研究開発科　永石雅基


## 要　約

県内の溶融スラグを原料に水熱合成技術によるゼオライト合成試験を行った結果、水のみの水熱合成ではゼオライトの生成は認められず、水酸化カルシウムを添加した系でトバモライトの生成が確認された。一方、アルカリを添加した水熱合成では、ゼオライト（フォージャサイト型）やトバモライトが生成することが認められた。


キーワード：溶融スラグ、水熱合成、ゼオライト

## 1．はじめに

長崎県内の一般廃棄物溶融スラグや廃ガラス等の無機廃棄物はアスファルト骨材や路盤材等として利用されているが、一部は利活用されず、年々未利用の溶融スラグの貯留量が増加している。

このような状況から、環境への負荷が低い方法で、無機系廃棄物を有効利用できる技術開発が県内の事業所から求められている。そこで、毎年大量に排出される無機系廃棄物を新素材に有効活用できる技術を検討することにした。

具体的には、高圧の水蒸気雰囲気中で無機イオンを反応させることで、鉱物を合成する水熱合成技術を用い、溶融スラグからゼオライト等の吸着材を合成する実験を実施した。

## 2．実験方法

本研究では、県内５箇所（佐世保市西部クリーンセンター、諫早市環境センター、南島原市南有馬衛生センター、佐々クリーンセンター、上五島広域クリーンセンター）から排出される溶融スラグを原料としたゼオライト合成実験を行った。実験は、①生成反応を促進する目的に、溶融スラグに廃ガラス、水酸化アルミニウム、水酸化カルシウムを添加した系と、②陽イオンの溶出と生成反応促進を目的に、溶媒へ NaOH を添加し、5N-NaOH 水溶液とした系を組み合わせて、180℃、24時間の処理条件でオートクレーブを用いた水熱合成実験を行った。なお、実験における圧力は180℃における水の自己発生圧である10気圧であった。そして、処理試料の評価では、X線回折による鉱物の同定と電子顕微鏡による形状観察を行った。

## 3．結果及び考察

図１に水のみの条件で水熱合成した試料のＸ線回折パターンを示す。

この結果から、溶融スラグのみ及び溶融スラグに廃ガラスを添加した系で、溶媒の水のみの条件で水熱合成したものは反応物が認められず、出発原料のガラス相のブロードなピークだけであった。

次に、溶融スラグに水酸化アルミを添加し、溶媒の水のみの条件で水熱合成したものも反応物が認められず、出発原料の溶融スラグからのガラス相のブ

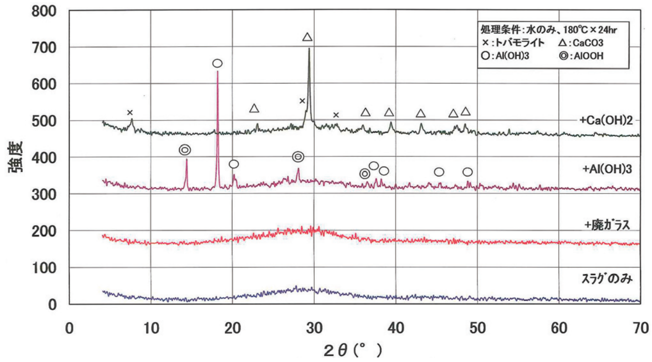


図1　佐世保スラグの水熱処理後（XRDパターン）

ロードなピークと水酸化アルミからと考えられる水酸化アルミ（$Al(OH)_3$）とベーマイト（AlOOH）だけであった。

溶融スラグに水酸化カルシウムを添加し、溶媒の水のみの条件で水熱合成したものでは、出発原料のピークのほかにわずかにトバモライトとみられる回折ピークが認められた。

次に、図２に水酸化ナトリウム（NaOH）を添加し、水熱合成した試料のＸ線回折パターンを示す。

この結果では、全ての条件でゼオライトが生成していた。ここで水酸化アルミニウムを添加していない配合では、ゼオライトに加えケイ酸カルシウム水和物であるトバモライトも生成していた。また、水酸化カルシウムを添加した配合では水酸化カルシウムに由来すると思われる炭酸カルシウムのピークも認められた。

水酸化アルミニウムを添加した配合では、ゼオライトの他にアルミニウム源の水酸化アルミニウムのピークも認められた。

以上の試験結果から、アルカリを添加しない条件でのスラグの水熱合成実験では、ゼオライトの生成が起こらなかった。また、水酸化カルシウムを添加するとスラグから溶出したケイ酸イオンとカルシウムが反応してできたと考えられるケイ酸カルシウム水和物（トバモライト）の生成が認められた。

アルカリ成分である水酸化ナトリウムを添加した条件でのスラグの水熱合成実験では、ケイ酸イオンとアルミン酸イオン等が反応して生成したと考えられるゼオライト（フォージャサイト）[1]やケイ酸イオンとカルシウムイオン等が反応して生成したと考えられるトバモライトが認められた。

これはアルカリによるスラグやガラス等の溶解が促進されることでケイ酸イオンやアルミン酸イオンの溶出が多くなり、反応しやすい状態が形成されるためと推測される。また、水酸化アルミニウムなどのアルミニウム原料の添加はケイ酸カルシウムの生成を抑制し、ゼオライトの合成反応を促進させたものと考えられる。

また、電子顕微鏡による形状観察では板状および針状の形態をした結晶構造のものが確認された（図3）。

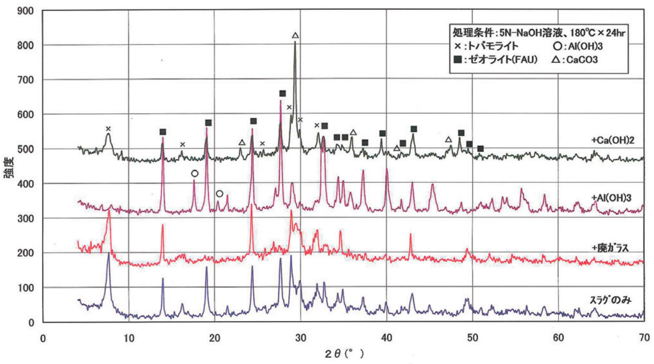


図2　佐世保スラグの水熱処理（XRDパターン）

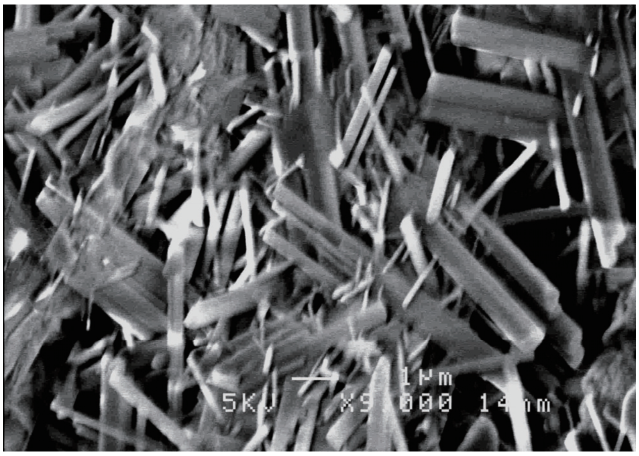

図3　水熱合成した生成物の電子顕微鏡写真

## ４．まとめ

（1）水のみの水熱合成では、ゼオライトの生成は認められず、水酸化カルシウムを添加した場合においてはトバモライトが生成することが確認された。

（2）水酸化ナトリウムを添加した水熱合成では、フォージャサイト型のゼオライトが生成するとともに、トバモライトも生成することが確認された。

## 付　記

本事業は、長崎県産業廃棄物税収活用事業の一環で行った。

## 参考文献

1）水熱科学ハンドブック編集委員会編，「水熱科学ハンドブック」，技報道出版（1997），pp350-pp372.

2）水熱科学ハンドブック編集委員会編，「水熱科学ハンドブック」，技報道出版（1997），pp292-pp318.