

# 水成しらすとセメントの水和反応特性

鹿児島工業高等専門学校 学生員 ○増元あずみ  
学生員 横川芹加  
正会員 前野祐二  
正会員 福永隆之

## 1. 実験の目的

鹿児島県に広く分布するしらすは火砕流の堆積物であり、主成分はガラス質である。既存の混合材料であるフライアッシュは成分中のガラス質がポゾラン活性を起こすことから利用されている<sup>1)</sup>が、しらすも同様にポゾラン活性が期待できると考えられる。

本研究では化学反応の様子を経時的に測定していくことで、しらすとセメントの水和反応特性を明らかにすることを目的とした。

## 2. 実験概要

### 2.1 試料

今回用いた水成しらすは、火砕流が噴出した際に、海や湖に直接堆積して形成されたと考えられている。水によって急冷されたために、結晶質が少なく、ガラス質が多いことが特徴である。表1は水成しらすと一般的なしらすの蛍光X線分析(以下XRFと記す)の結果である。表に示すように、どちらもしらすに含まれるSiO<sub>2</sub>の量が多いことは明らかである。

表1 水成しらすと一般的なしらすのXRF結果

	化学組成 (%)	
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
水成しらす	80.6	10.9
一般的なしらす	80.6	10.6

図1は水成しらすと一般的なしらすのXRD(X線回折)パターン図である。XRFの結果から得た化学組成は変わらないが、XRDでは、パターンが大きく異なることがわかる。水成しらすのXRDパターンの特徴として、全体的にブロードしており、ピークが出ないことが挙げられる。これは主成分がガラス質であるためだと考えられる。図2は水成しらすを走査型電子顕微鏡(SEM)で観察した様子である。粒子が破片状で、凹凸が大きいため、粒子同士が絡み合うと推測できる。フロー試験では、フロー値が小さいことを確認したが、原因は、粒子形態の

影響が大きいと考えられる。

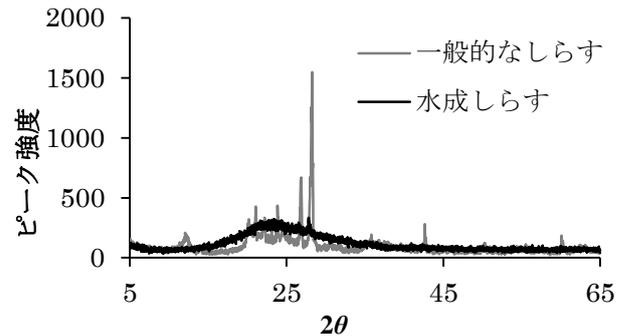


図1 しらす XRDパターン

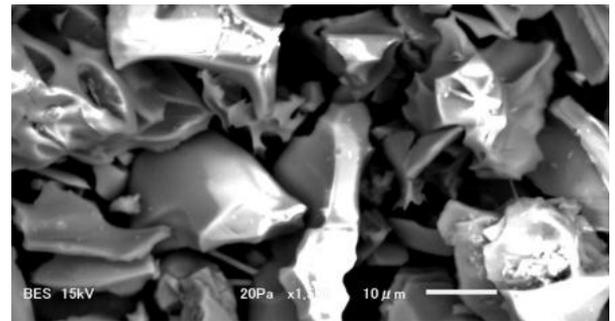


図2 水成しらす SEMでの観察結果(1500倍)

### 2.2 実験方法

鹿児島県K市で採取した水成しらすと、普通ポルトランドセメント(OPC)を使用し、しらすをセメントに対し内割で0,10,20,30,40,50mass%混合した。W/Cは混合セメントの100%で、材齢が0,7,14,28,56,91日のときに水和停止した。測定はXRD、XRFで行った。XRDでは内部標準物質としてMgOを使用し、ピーク強度をMgOのピークで除した値をピーク強度比とした。また、モルタル試験を行い、しらす混合率は同じでW/Cを50%に変更し、JIS R 5201に則り圧縮強度を測定した。

## 3. 実験結果・考察

図3に材齢28日のXRDパターンを示す。しらす混合率が大きくなると、エトリンサイト(Ett)生成量が少なくなり、アルミン酸カルシウム水和物

(CAH) の生成量が著しく多くなるのがわかる。これは、しらすを増やすとともに、セメント量が少なくなるので、Ett の生成に必要な石膏が不足したためだと推測される。残存したアルミネート相やしらす中の  $Al_2O_3$  はカルシウム水和物 (CH) と反応して、CAH を生成したと考えられる。

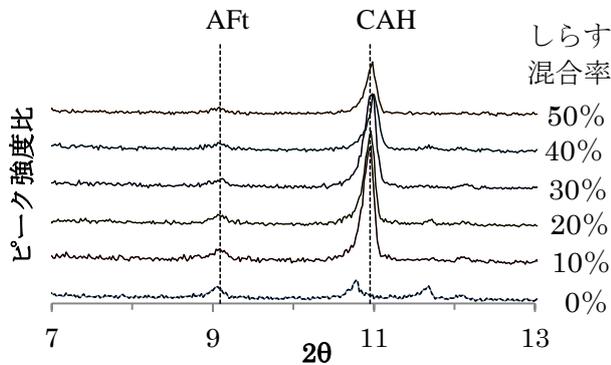


図3. 材齢28日 XRDパターン

図4はCHの生成量を示す。7日で生成量は最大となり、その後減少していくことがわかる。ここで28日から56日にかけてのCHのピーク強度比に着目する。しらす混合率0%、10%においては、緩やかにピーク強度比は減少している。一方20%以上の配合のものにおいては、急減していることがわかる。ポズラン活性は28日以降活発になる<sup>1)</sup>ことから、CHはポズラン活性によりC-S-Hを生成したと考えられる。従って、しらすを混和したほうがしらす中の $SiO_2$ を使ってC-S-Hをより多く生成すると推察される。

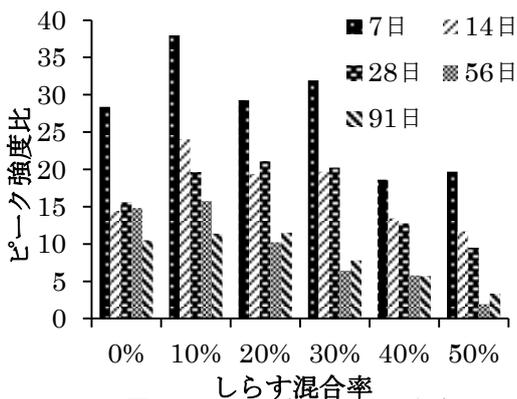


図4 CH ( $2\theta=18.04^\circ$ )

図5は $C_3S + C-S-H$  (ケイ酸カルシウム水和物)のピーク強度比 ( $2\theta=29.41^\circ$ )を示す。この角度は、 $C_3S$ のピークとC-S-Hのピークが重なる部分である。 $C_3S$ の他と重ならないピークである $51.7^\circ$ において、56日ではほとんどピークは確認されないことや、CHのピーク強度比が56日で急減していることから、28日までは $C_3S$ 、その後はC-S-Hのピークだ

と考えられる。CHが28日以降急減していることからC-S-Hが生成されていることがわかる。

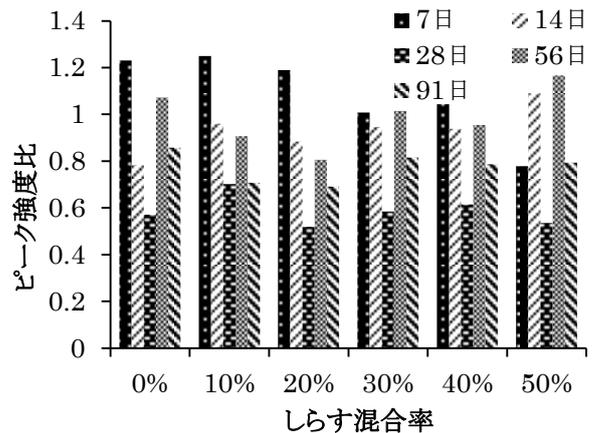


図5  $C_3S + C-S-H$  ( $2\theta=29.41^\circ$ )

図6は圧縮強度の測定結果である。材齢が28日を過ぎると、しらすを10%、20%混合したものにおいては、0%のものに対し約9割以上の強度を持つことが確認される。また91日のしらす10%配合においては、OPCのみのもよりも大きな強度を持つことが分かった。

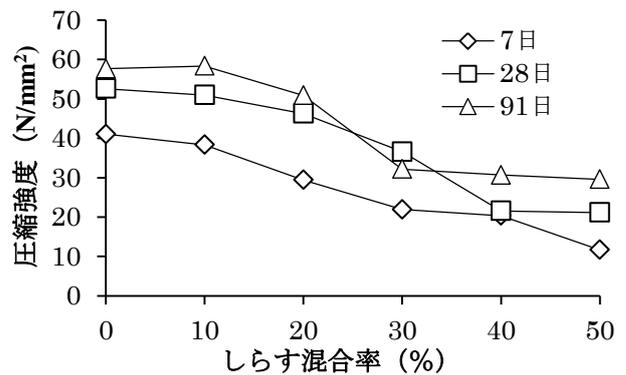


図6 圧縮強度

#### 4. まとめ

- ・セメント量が減少するに伴い、Ett生成量は減少し、CAHが生成されることがわかった。適量の石膏を混合させるとEttやモノサルフェートの生成につながり、強度発現の可能性はある。
- ・一般に材齢181日まではポズラン活性は活発である<sup>1)</sup>ので、今後さらに長期材齢においてC-S-Hの生成、強度の発現について検討していく必要がある。
- ・セメントの一部を10%、20%程度しらすに置換しても強度が劣らないことがわかった。しらすを利用することで、コストの削減にもつながる。