

# ヨシの燃焼温度がポズラン反応に及ぼす影響に関する研究

## Reed combustion temperature and a pozzolan reaction

○原一生\*, 兵頭正浩\*\*

○Itsuki Hara\*, Masahiro Hyodo\*\*

### 1. はじめに

ヨシは、河川や湖沼の水辺に生育する植物であり、生長過程で栄養塩類を吸収することで水質の直接浄化に貢献する<sup>1)</sup>。そこで、国土交通省や地方自治体では、豊かな水辺空間の創出を目的としたヨシの植栽事業に取り組んできた。しかし、ヨシは枯れた後に生長過程で吸収した栄養塩類を水域に回帰するので、水域から栄養塩類を系外排出するためには、生長したヨシを刈り取ることが必要である。しかし、刈り取ったヨシの利用用途先が限定的であるため、ヨシの大部分は水域に放置されているのが現状である。

この背景のもとで、著者らは刈り取り後のヨシの新たな利用方法について検討している<sup>2)</sup>。刈り取り後のヨシを灰化することで、ヨシ灰の主成分は $\text{SiO}_2$ となることを確認している。また、ヨシ灰に含有される $\text{SiO}_2$ のポズラン反応性を高くするためには、燃焼条件についての検討が課題とされており、特にヨシ灰に含まれる非結晶な $\text{SiO}_2$ の割合には燃焼温度の管理が影響すると推察されている。そこで、本研究ではヨシの燃焼温度について検討を行うとともに、作製したヨシ灰のうちポズラン反応性が高いと推察されたヨシ灰をモルタルに配合した際の強度発現特性を評価した結果を報告する。

### 2. 実験概要

#### 2.1 ヨシ灰の作製方法

採取したヨシ(本実験では汽水域に植生するものを使用)は、24時間の自然乾燥を行い、10~20cm程度に裁断した後にマッフル炉(KDF-S90, デンケン)にて300, 500, 800°Cで燃焼した。マッフル炉では、ヨシを常温から3時間かけて指定する温度まで上昇させ、設定温度を2時間維持し、その後に5時間以上かけて自然冷却させた。燃焼後のヨシを粉砕し、夾雑物を取り除くために300 $\mu\text{m}$ のふるいを通させた試料をヨシ灰として使用した。

#### 2.2 $\text{SiO}_2$ の含有割合の測定及び結晶性の評価

ヨシ灰に含まれる $\text{SiO}_2$ の割合は、ポズラン反応に影響を与える。ヨシ灰の化学成分の同定に、蛍光X線分析装置(ZSX Primus, RIGAKU)を用いた。また、炭素量及び有機化合物量の測定には全自動元素分析装置(Vario EL cube, エレメンタール社)を用いた。

次に、ヨシ灰がコンクリートに対してポズラン反応性を有するためには、ヨシ灰中の $\text{SiO}_2$ が非晶質であることが必要となる。そのためヨシ灰に含まれる $\text{SiO}_2$ の結晶性をX線回析装置(UltimaIV, RIGAKU)で測定し、グラフの波形及び半値幅の大きさで評価した。

#### 2.3 強度発現特性の評価

強度発現特性の評価は、モルタルにヨシ灰を配合させた供試体を作製し、圧縮強度より実施した。ヨシ灰の配合割合は、フロー試験(JIS R 5201(セメントの物理試験方法))の結果より0, 3, 5%に決定した。また、圧縮試験でのモルタルの材齢は28, 56, 91日の供

\*NTC コンサルタンツ, NTC Consultants Inc.

\*\*鳥取大学農学部, Faculty of Agriculture, Tottori University KURIMOTO,LTD.

ヨシ, ポズラン反応, 燃焼温度

試体で実施した。なお、試験に用いたヨシ灰は 500℃で燃焼させたものである。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 ヨシ灰中の SiO<sub>2</sub> の含有割合

表 1 にヨシ灰中の SiO<sub>2</sub> の含有割合を示す。ことと重要となる項目は、概算した SiO<sub>2</sub> であり、蛍光 X 線分析の結果に全自動元素分析装置の結果を加味した値である。この値は、SiO<sub>2</sub> (100 - 炭素) / 100 として算出した。結果より、燃焼温度の上昇に伴い炭素含有量は減少し、SiO<sub>2</sub> の含有割合が増加することが分かる。ここで、ポゾラン材として既知であるフライアッシュの SiO<sub>2</sub> の含有割合は、45.0%以上 (JIS A 6201 (コンクリート用フライアッシュ)) と規定されており、燃焼温度が 500, 800℃のヨシ灰は SiO<sub>2</sub> が十分に含まれていることがわかる。

#### 3.2 ヨシ灰中の SiO<sub>2</sub> の結晶性評価

図 1 にヨシ灰の X 線回折 (XRD) の結果を示す。2θ=21° 付近の形状が緩やかなほど、非晶質な SiO<sub>2</sub> の割合が多く、反応性が良好と判断される。グラフを見ると 300, 500℃の燃焼では緩やかであることにに対し、800℃の燃焼では急である。よってヨシを 300, 500℃で燃焼した場合、ヨシ灰に含まれる SiO<sub>2</sub> は非晶質の割合が多くなると判断できる。また、半値幅の値を比較することでも同様のことが言える。

#### 3.3 モルタルの圧縮強度の評価

図 2 に圧縮強度について示す。ヨシ灰を配合した供試体と、ヨシ灰無配合の供試体を比較すると、材齢 28 日では低いが、材齢が 91 日では高い値であり、ポゾラン反応を確認できる。ここで、最も品質の良いフライアッシュ I 種は、材齢 91 日の活性度指数が 100 以上と定められており (JIS A 6201-2008 (コンクリート用フライアッシュの品質規定)), 圧縮強度のみを考慮すると、ヨシ灰はフライアッシュ I 種に相当する混和材であるといえる。

### 4. まとめ

- (1) ヨシの燃焼温度を 500℃にしたとき、含有する SiO<sub>2</sub> が 80%以上であり、さらに非晶質であるため、ポゾラン反応性が高い材料であると推察された。
- (2) セメントに置換して配合したヨシ灰は、材齢 91 日の段階で活性度指数が 100 以上となったため、ポゾラン活性を有する混和材となるといえる。

### 参考文献

- 1) 細川恭史, 三好栄一, 古川恵太 (1991): ヨシ原による水質浄化の特性, 港湾技術研究所報告, **30** (1), pp.205~237
- 2) 兵頭正浩, 吉井莉菜, 緒方英彦 (2015): ヨシ灰の化学成分の同定とコンクリート用混和剤としての利用性に関する基礎的研究, 農業農村工学会論文集, **83** (4), II\_83~88

表 1 ヨシ灰中の SiO<sub>2</sub> の含有割合  
Ratio of SiO<sub>2</sub> in reed ash

燃焼温度 (°C)	300	500	800
SiO <sub>2</sub> (%)	76.0	83.3	85.1
炭素 (%)	47.3	1.1	0.1
概算した SiO <sub>2</sub> (%)	40.0	82.4	85.0

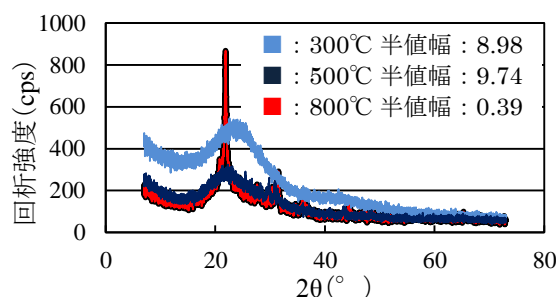


図1 ヨシ灰のX線回折  
XRD on reed ash

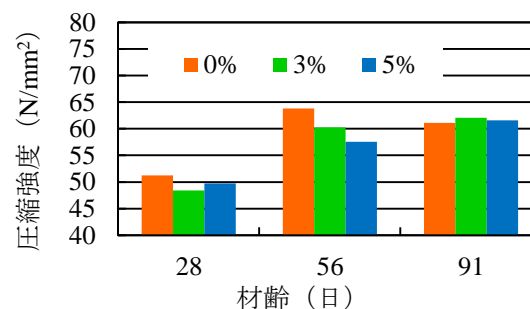


図2 圧縮強度  
Compressive strength of specimen