

# フライアッシュをさらに有効利用するために



石炭火力発電所から発生するフライアッシュは、セメント産業で大量に消費されており、中でもセメントクリンカー焼成原料のシリカ分として使われるものが一番多くなっています。

また、古くからカーボン（未燃炭素）等の不純物が少ない良質のものは、その球形（写真参照）によるコンクリートの作業性向上あるいはポゾラン活性を利用したフライアッシュセメント用の混合材として用いられてきました。更にフライアッシュは、コンクリートの水和熱による温度低減に大きな役割を果たしていますし、アルカリ骨材反応の抑制にも効果があります。

コンクリート用混和材料としては、JIS A 6201（コンクリート用フライアッシュ）として品質が規定されており、粉末度、強熱減量の違いにより、表に示されるようにフライアッシュⅠ種、Ⅱ種、Ⅲ種、Ⅳ種の4種類に分類されています。コンクリート用混和材には、フライアッシュ

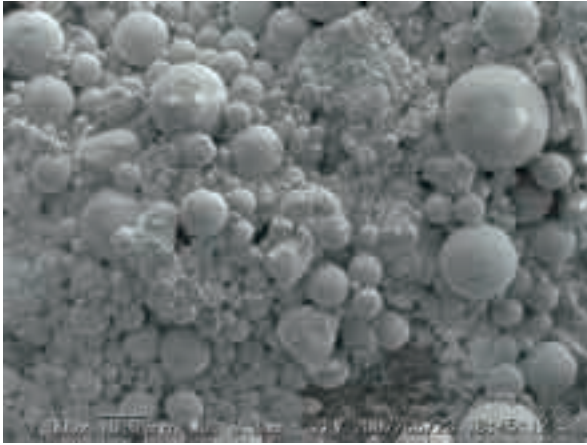


写真 フライアッシュの顕微鏡写真

Ⅱ種が最も多く用いられています。粒径は1～100  $\mu\text{m}$  の範囲に分布し、平均粒径は20  $\mu\text{m}$  程度です。

フライアッシュの大きな特徴は、形が球状であること以外に、密度がセメントの3.1～3.2 $\text{g}/\text{cm}^3$ に比較して2.0～2.2 $\text{g}/\text{cm}^3$ 程度と軽いことです。高流動コンクリートあるいは高強度コンクリートに混和材として用いると、コンクリートが軽くなりスコップでのハンドリングが楽になって助かります。

海外では、フライアッシュを水に混ぜ、水に浮遊するものだけを集めたフライアッシュバールーン（軽量の建材を造るときに利用されます）も製造されていますが、コストが高いのが問題です。

フライアッシュはセメントと混和すると、セメントのアルカリ刺激によりフライアッシュ中の非晶質のシリカがカルシウムと反応し、カルシウム・シリケート水和物を生成し硬化します（これをポゾラン反応といいます）。セメント中でのフライアッシュのポゾラン反応は非常にゆっくり進むため、フライアッシュを混和すると、初期材令及び28日の強度発現が遅れます。この特性を改善するために、各種化学混和剤との併

フライアッシュをさらに有効利用するために

表1 フライアッシュの品質

項目		種類	フライアッシュ I種	フライアッシュ II種	フライアッシュ III種	フライアッシュ IV種
二酸化けい素		%	45.0以上			
湿分		%	1.0以下			
強熱減量 <sup>(1)</sup>		%	3.0以下	5.0以下	8.0以下	5.0以下
密度		g/cm <sup>3</sup>	1.95以上			
粉末度	45μmふるい残分 (網ふるい方法)	%	10以下	40以下	40以下	70以下
	比表面積(ブレン方法)	cm <sup>2</sup> /g	5000以上	2500以上	2500以上	1500以上
フロー値比		%	105以上	95以上	85以上	75以上
活性度指数	%	材齢28日	90以上	80以上	80以上	60以上
		材齢91日	100以上	90以上	90以上	70以上

(注1) 強熱減量に代えて、未燃炭素含有率の測定をJIS M 8819又はJIS R 1603に規定する方法で行い、その結果に対し強熱減量の規定値を適用してもよい。

1 フロー値比：フロー値比は、次の式によって算出し、その数値は、JIS Z 8401によって整数に丸める。

$$F = \frac{l_2}{l_1} \times 100 \quad \text{ここに、} F : \text{フロー値比}(\%)$$

$l_1$  : 基準モルタルのフロー値  
 $l_2$  : 試験モルタルのフロー値

2 活性度指数：活性度指数は、次の式によって算出し、その数値は、JIS Z 8401によって整数に丸める。

$$A = \frac{c_2}{c_1} \times 100$$

ここに、A：活性度指数(%)

$c_1$ ：各材齢における基準モルタル供試体6個の圧縮強度の平均値 (N/mm<sup>2</sup>)

$c_2$ ：各材齢における試験モルタル供試体6個の圧縮強度の平均値 (N/mm<sup>2</sup>)

モルタルの配合：モルタルの配合は、表2のとおりとする。

表2 モルタルの配合

単位g

モルタルの種類	セメント	試料	細骨材	水
基準モルタル	450±2	—	1350±5	225±1
試験モルタル	337.5±1.5	112.5±0.5		

参考 表2は、1回の練混ぜ量を示したもので、供試体3個分又はフロー試験2回分のモルタル量に相当する。

用を試験したところ、セメントの粉砕助剤として使用されているトリイソプロパノールアミンを、フライアッシュに対して0.5%程度混入すると、28日の強度発現は普通セメント単味使用の場合と同等になりました<sup>1)、2)、3)</sup>。

また、フライアッシュを粉砕して使用する試みも行われており、フライアッシュにトリイソプロパノールアミンを添加し微粉砕すると、シリカフェームに近い特性を持つセメント混和材が得られたとの報告もあります<sup>4)</sup>。海外では、2007年7月の第12回 International Congress on the Chemistry of Cement の報告によると、ノルウェーの Justnes らがセメントをフライアッシュに5%添加して粉砕し検討しています。

コンクリート技術者にとって、安定した品質のフライアッシュが入手出来れば、その反応性改善は興味深い研究テーマでしょう。

#### 参考文献

- 1) 特開平 3 - 183647
- 2) 特開 2000 - 281403
- 3) 特開 2001 - 172064
- 4) 特開 2004 - 2165