

# 低品質フライアッシュを混入したモルタルの塩化物イオン浸透性と水和反応性状

金沢大学大学院 学生員 越後 卓也      金沢大学大学院 学生員 K.O.Ampadu  
 水資源開発公団 正会員 久保田 貴史      金沢大学工学部 正会員 鳥居 和之

## 1. はじめに

近年、石炭火力発電所から多量のフライアッシュが産出されており、フライアッシュの品質は JIS A 6201-1999 に従って 4 種類に分類されている<sup>1)</sup>。しかし、石炭の種類により、規格外のフライアッシュが産出されることが多くなり、低品質フライアッシュのコンクリート材料への有効利用法の開発が望まれている。本研究は低品質フライアッシュを混入したモルタルの塩化物イオンの浸透性とその水和反応性状について実験的に検討したものである。

## 2. 実験概要

本実験で用いた普通ポルトランドセメント(OPC)及びエコセメント(ECO)の化学成分を表1に示す。モルタルは水結合材比を55%と一定にし、2種類のフライアッシュを20%及び40%混入した。フライアッシュは表2に示す富山新港共同火力発電所の種相当品とJIS規格外品を用いた。直径50mm、高さ100mmの円柱モルタル供試体を作製し、脱型後7日及び28日間の湿室養生を行った。試験体は塩化物イオン浸透量を求めるために供試体の暴露面以外をエポキシ樹脂で塗布した。その後、5%のNaCl溶液の塩水噴霧8時間、外気導入16時間を1サイクルとする促進試験を実施し、273日間暴露した。暴露終了後、供試体を暴露面から10mmずつ切り出し、150µmふるいを通過する粉末試料の、全塩化物イオン量をJCI-SC5に従って測定した。また、表面からの深さ10~20mm及び40~50mmの位置の試料を用いてX線回折(XRD)及び示差熱量分析(DSC)を行った。

表1 セメントの化学成分(%)

セメント	Ig.loss	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Cl
OPC	1.6	21.7	5.3	2.9	63.7	1.2	2.1	0.3	0.5	-
ECO	0.5	14.9	10.5	2.5	56.7	1.7	9.2	0.8	0.01	0.8

表2 フライアッシュの化学成分及び物理的性質

	品質規格及び炭種	強熱減量 (%)	MB 吸着量 (mg/g)	ブレーン (cm <sup>2</sup> /g)	フルイ残分 44µm (%)	シリカ分 (%)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	湿分 (%)
FA-A	種 (サツイ炭)	4.2	1.13	4,060	40.9	48.7	2.06	0.15
FA-B	JIS 規格外 (モーラ炭)	14.3	1.96	5,400	23.3	47.4	2.02	0.10

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 塩化物イオンの浸透量

図1に塩化物イオンの浸透量を示す。OPC及びECO試験体において、表面から深さ20mm以上では、セメント単味のものよりフライアッシュを混入したものの方が小さな値を示していることから判断して、低品質フライアッシュでも塩分の浸透を抑制できることが確認できた。特にFA-Bを混入した試験体はFA-Aを混入したものと比較して塩分の浸透が少なく、また40%混入したものは20%混入したものよりも塩分の浸透が効果的に抑制されている。これは前

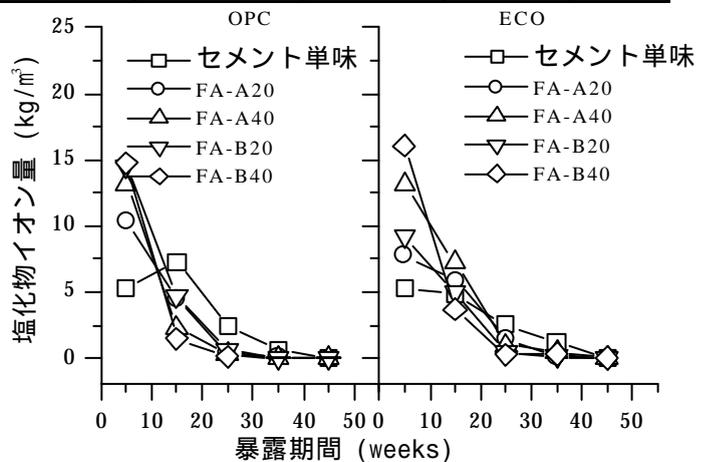


図1 塩化物イオン浸透量 (初期養生: 28日)

キーワード: 低品質フライアッシュ エコセメント 塩分

金沢大学工学部 〒920-8667 石川県金沢市小立野 2-40-20 TEL.076-234-4620 FAX.076-234-4632

養生を 28 日間行ったことで、セメントの水和反応及びボゾラン反応が進行し、セメントモルタル硬化体の内部組織が緻密になったことによるものと考えられた。

3.2 X線回折の結果

図 2 に OPC 及び ECO 試験体の XRD の結果を示す。フライアッシュ混入モルタルの水酸化カルシウムのピークはセメント単味による試験体と比較して全体的に小さい。特に、OPC 試験体の FA-B40% 混入した場合には、水酸化カルシウムのピークはみられなかった。FA-B は FA-A より品質が劣るが、ブレン値が FA-A より大きかったため、水酸化カルシウムがより多量

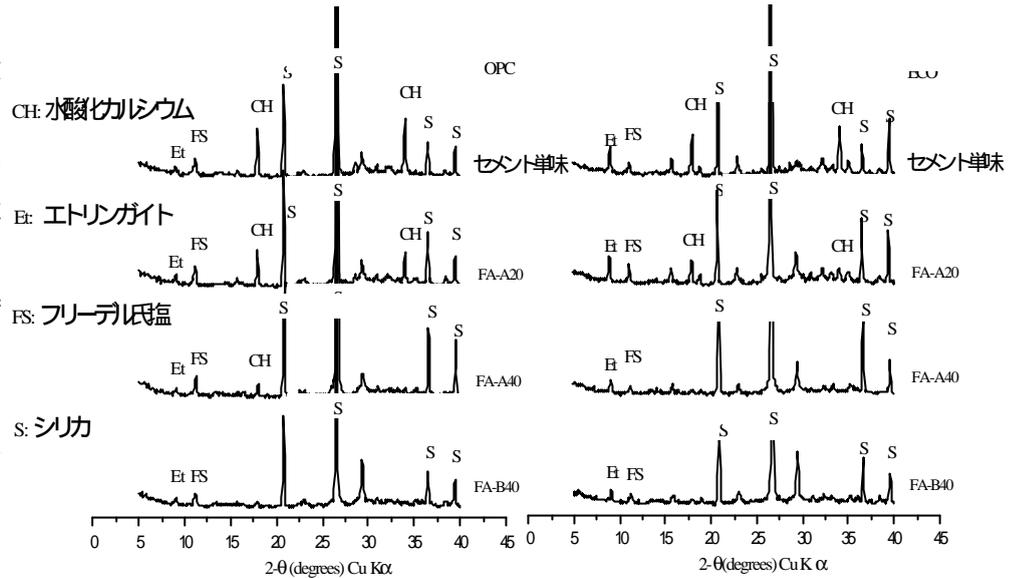


図 2 XRD 試験の結果 (初期養生：28 日、深さ：10～20mm)

に消費されたと考えられる。一方、ECO 試験体では、フライアッシュを 40% 混入することにより水酸化カルシウムのピークが全くみられなくなった。これは水和反応過程において生成されるエコセメントの水酸化カルシウム量が OPC と比較して少ないためである。また、ECO 試験体は OPC 試験体と比較してエトリンガイトのピークが大きく、すべての試験体でフリーデル氏塩の存在も確認された。

3.3 示差熱量分析の結果

図 3 に OPC 及び ECO 試験体の DSC の結果を示す。この図における 460 の吸熱ピークの面積はモルタル中に含まれる水酸化カルシウム量を示しているが、フライアッシュの混入率の増加により水酸化カルシウムは大きく減少している。また、X線回折の結果と合わせて、ECO 試験体と OPC 試験体を比較すると、ECO 試験体の方は水酸化カルシウム量が少ないことが確認できた。同様に、ECO 試験

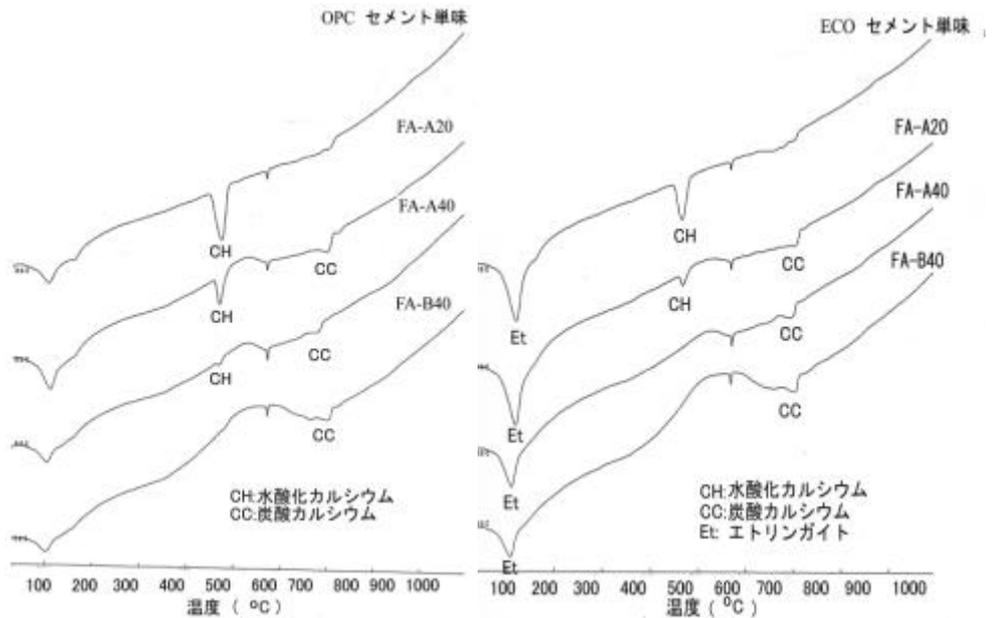


図 3 DSC 試験の結果 (初期養生 28 日、深さ 10～20mm)

体のエトリンガイト (110 の吸熱ピーク) の生成量は多くなった。また、中性化の影響に関しては、フライアッシュの混入率の増加により、炭酸カルシウム (750 周辺の吸熱ピーク) が確認された。

4. まとめ

- (1) 低品質フライアッシュの混入によりモルタルへの塩化物イオンの浸透を効果的に抑制できた。
- (2) 低品質フライアッシュの混入によりモルタル中の水酸化カルシウムが減少し、炭酸カルシウムが増加した。

[参考文献]

1) フライアッシュを用いたコンクリートの施工指針 (案) 土木学会、コンクリートライブラリー94、1999