

焼却灰を利用した混合セメントで製造した硬化体の分析

鹿児島工業高等専門学校 正 ○岡部 圭子 正 前野 祐二 正 金子 和久
正 長山 昭夫 学 大田 昌孝

1.はじめに

本研究室では、新たな有効利用の一つとして、焼却灰を利用した混合セメントの開発の研究を行っている。近年の研究により、都市ごみ焼却灰に、様々な廃棄物とセメントを混合することで、混合セメントを作製でき、この混合セメントをセメントと同様に水を混合することで高強度のコンクリートの作製できることが明らかになった。そこで本論は、この混合セメントの水和反応などについて化学的に明らかにする。

2.定量方法

本研究では、原料の焼却灰と混合セメントで作製した水和物を X 線回折装置で定量分析を行った。定量分析は、検量線の作成し、内部標準法により行い、それぞれの標準物質等は参考文献 1 により作製した。内部標準は MgO を用いた。

3.焼却灰の組成

表 1 に、K 市、S 市のごみ焼却灰、H 市のバイオ燃料焼却灰を焼却処分場から採取した焼却灰の X 線回折による定量の結果を示す。K 市、S 市の焼却灰の鉱物組成はゲーレンナイト、アナーサイト、カルサイトが主である。しかし、バイオ燃料焼却灰は、ヨウ素銅や塩化物系の物質が含まれていた。定量できない物質はガラス質と考えられる。これらのガラス質の反応が大きいと考えられる。これらの焼却灰で混合セメントを作製したところ、実用可能な強度のコンクリートを作製することができた。様々な焼却灰を用いて混合セメントを作製できると考えられる。

4.ペースト硬化体の組物質の定量と炭酸化

K 市の焼却灰には重金属類の有害物質が含まれているため、硬化体からの重金属類の溶出抑制が長年の課題であった。研究室で開発した混合セメントを水と混合して作製したペースト硬化体を 2mm 程度に粉砕し、炭酸ガスの中に 5 日間、密封させ、炭酸化した粉砕物と炭酸化していない粉砕物を比較した。

図 1 に X 線回折図を、表 2 に、混合セメントで作製したペースト硬化体の定量結果を示す。回折図に示すように、炭酸化前の供試体には、エトリンガイトとフリーデル氏塩が多いが、炭酸化によりエトリンガイトとフリーデル氏塩はすべて消滅し、炭酸化させることで、カルサイトのピークが大幅に高くなっていることが分かる。このことから、エトリンガイト中の Ca がほぼ CO₂ と反応したことがうかがえる。また Al を含む物質の新しいピークがないので、Al などの物質はゲル化し、ピークが出現しなかったのではないかと考えられる。表 2 の定量の結果から、カルサイトの量は炭酸化前の量に比べ、約 3 倍の量に増えていた。このことから、ペースト硬化体は炭酸化させることが可能であり、溶出の抑制も期待できると考えられる。

表 1 焼却灰の鉱物組成

組成	K 市	S 市	H 市
石英	0.6	2	8
カルサイト	17	15	
アナーサイト	1	16	14
ゲーレンナイト	20	20	19
フリーデル氏塩	6	7	-
塩化ナトリウム	3	-	-
CuI			-
合計 (%)	47.6	60	-

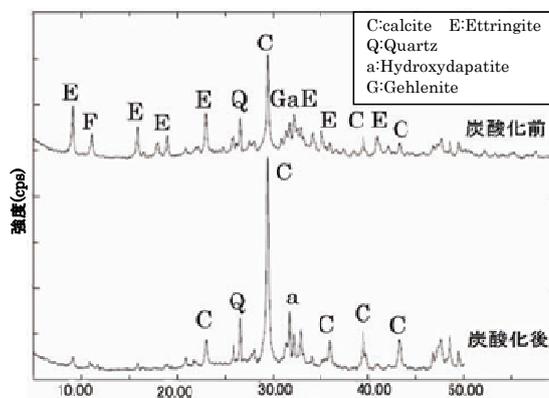


図 1 ペースト硬化体の X 線回折図

表 2 水和物の鉱物組成

組成	炭酸化前	炭酸化後
石英	1	2
カルサイト	9	29
エトリンガイト	18	-
水酸化カルシウム	2	-
骨灰	5	9
アナーサイト	1	-
ゲーレンナイト	3	-
フリーデル氏塩	5	-
合計 (%)	44	40

5. 陶器片組成物質

廃棄物として回収される陶器片も混合セメントの原料として活用できないかと考え、検討をおこなった。

図2に陶器片のX線回折図を示す。成分は主に石英、ムライトであることが分かった。これらの成分は混合セメントを作製する原料にも含まれ、ガラス質が多いと考えて原料に加えた。

6. 陶器片を添加したペースト硬化体の組成物質の定量と炭酸化

陶器片も混合した混合セメントで作製したペースト硬化体の炭酸化前、炭酸化後のX線回折図を図3に、定量結果を表3に示す。回折図からわかるように、炭酸化により、エトリンガイトのピークが消失し、二水石膏のピークが出現している。カルサイトのピークは、増えていることが分かる。結晶と定量できなかったガラス質は炭酸化前で34%、炭酸化後84%である。定量できない物質CSHなどが多く生成されていると考えられる。有害物質の溶出は炭酸化により減少していることから、このカルサイト増加が大きな影響を与えていると考えられる。

7. SEM図の観察

4.のペースト硬化体と陶器片を添加したペースト硬化体を走査型電子顕微鏡で観察した写真1~4を示す。写真1は4.ペースト硬化体の炭酸化されていないときのSEM図、写真2は、4.ペースト硬化体の炭酸化されているときのSEM図、写真3は、陶器片を混合したペースト硬化体の炭酸化されていないSEM図、写真4は陶器片を混合したペースト硬化体の炭酸化されているSEM図である。写真1,2の、内部と外部を比較すると、外部は炭酸化が進んで空隙が生成されたカルサイトで覆われ、空隙が小さくなっている。また、写真1と3を比較すると陶器片を混合したペースト硬化体のほうが、表面が滑らかであり、密な状態が分かる。写真3と写真4を比較すると、写真2と同様に表面が密な状態になり、さらにカルサイトの結晶が析出していることが分かる。写真2にみられた小さな空隙がなく密な状態になっていると考えられる。

8. まとめ

ペースト硬化体を作製する際に、陶器片を添加することで、炭酸化が促進されるとともに、内部が密な状態になることが確認できた。今後は、配合量の検討や、陶器片の種類を幅を広げ、組成の検討を行うとともに有害物質の溶出、炭酸化の確認を行っていききたい。

【参考文献】1) セメント硬化体研究委員会報告の第10章クリンカー鉱物とセメント水和物の合成方法

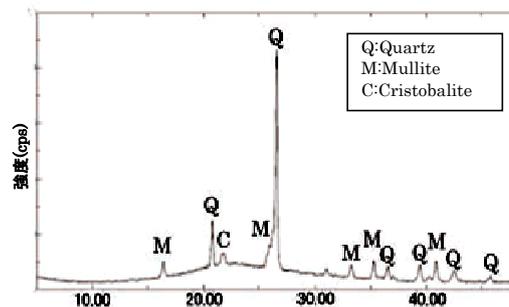


図2 陶器片のX線回折図

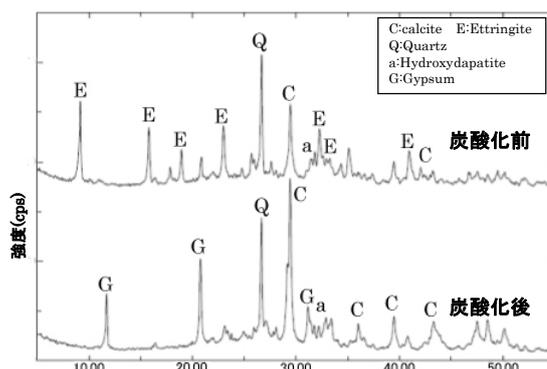


図3 陶器片を添加したペースト硬化体のX線回折図

表3 陶器片を添加した場合の水和物の鉱物組成

組成	炭酸化前	炭酸化後
石英	6	6
カルサイト	11	18
エトリンガイト	41	
二水石膏		0.2
骨灰	3	2
ゲーレンナイト	4	
合計(%)	66	26

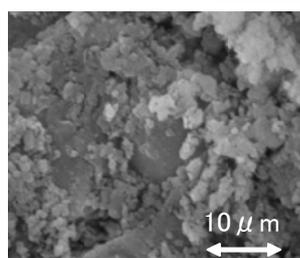


写真1 内部の様子(陶器片なし)
(7500倍)

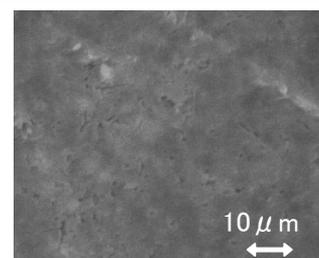


写真2 表面の様子(陶器片なし)
(2000倍)

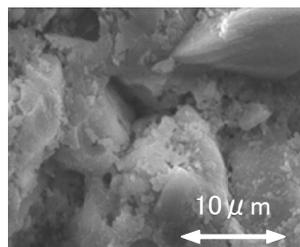


写真3 内部の様子(陶器片あり)
(5000倍)

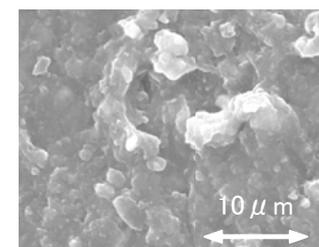


写真4 表面の様子(陶器片あり)
(5000倍)