

## — 経常研究 —

# 無機材料の遠赤外線放射特性と応用製品に関する研究

研究開発科 山口典男・高松宏行

## 要 約

高い放射率を有する遠赤外線セラミックス材料の開発および遠赤外線の放射メカニズムの解明を目的とし、各種セメント硬化体の遠赤外線放射特性について評価を行った。普通ポルトランドセメントを用い、水セメント比が積分放射率に与える影響を検討した。水セメント比が高いセメント硬化体は嵩密度が低くなるが、遠赤外線放射率にほとんど影響を及ぼさず、約93%という高い積分放射率を示した。また、セメントの種類による影響を検討するために、早強ポルトランドセメント、白色セメント、アルミナセメントの各硬化体の遠赤外線放射率を測定した。どのセメント硬化体においても、波長依存性はほとんどなく、積分放射率は約93%と高い値を示すことが分かった。また、普通ポルトランドセメントに石英（ $\text{SiO}_2$ ）を添加したセメント硬化体について遠赤外線放射率を測定した結果、波長領域約8~10 $\mu\text{m}$ において、遠赤外線放射率の低下が確認され、Si-O結合が影響することが示唆された。

キーワード：遠赤外線、セメント、積分放射率、波長依存性

## 1. はじめに

遠赤外線技術は、塗膜の乾燥技術として利用され、発展してきた技術である<sup>1)</sup>。これまでに遠赤外線を利用した商品がブームとなった時期が何度かあり、数多くの研究がなされてきた<sup>2~7)</sup>。近年、岩盤浴を中心とした健康・癒しグッズなどの遠赤外線商品などが数多く見られるようになり、再びブームとなってきている。このような中で、遠赤外線高放射材料として、どのようなものが良いのか、放射メカニズムはどのようになっているのか、また、生体に対する遠赤外線的作用などについて、不明な点が多く残されている。

筆者らは、これまでに基礎的実験においてセメント材料が高い積分放射率を示すことを確認している。そこで、セメント硬化体を対象として、遠赤外線の放射特性について検討することを目的とした。

## 2. 実験方法

### 2.1 セメント硬化体の作製

各種セメント粉末に所定量の水を混練し、型枠に流し込んだ後、室温で養生した。セメント硬化体(以

下、硬化体)を一片が約45mm、厚さ約4mmになるように加工し、両面を#220のダイヤモンドパッドで平面研磨した。加工したサンプルをアセトンに約1日浸漬し、水和を停止し80℃で乾燥した後、遠赤外線放射率の測定に供した。

このとき、水セメント比の影響の検討において、普通ポルトランドセメントを選択し、水セメント(W/C)比を0.3~0.7(質量比)とした。セメントの種類を検討では、早強ポルトランドセメント、白色セメント、アルミナセメントを選択し、W/C比を0.5(質量比)とした。ケイ酸分の影響を検討するために、普通ポルトランドセメントにシリカ( $\text{SiO}_2$ )を0~60mass%添加し硬化体を作製した。また、このときの混練水量は、粉末(セメント、シリカ)に対し50mass%とした。

### 2.2 遠赤外線放射率測定

遠赤外線放射率(以下、放射率)は、日本電子製JIR-E500を用い、ヒーター温度50℃、波長範囲3.33~25.42 $\mu\text{m}$ で測定した。サンプル温度は、サンプル表面にK型熱電対を取り付け測定した。測定は、

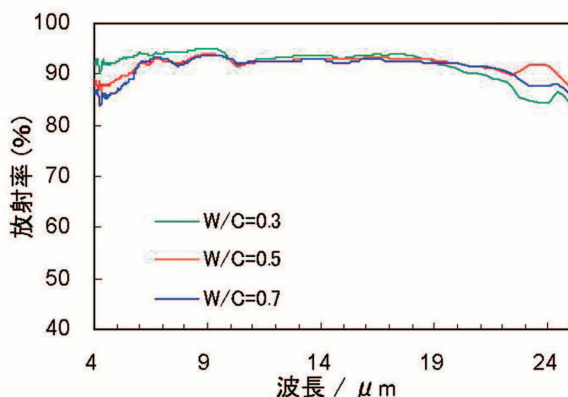


図1 水セメント比の異なる硬化体の遠赤外線放射率曲線

表1 セメント硬化体の性状

W/C	積分放射率 (%)	嵩密度 (g/cm <sup>3</sup> )	見掛け密度 (g/cm <sup>3</sup> )
0.3	93.5	1.91	2.62
0.5	93.4	1.54	2.59
0.7	91.9	1.35	2.60

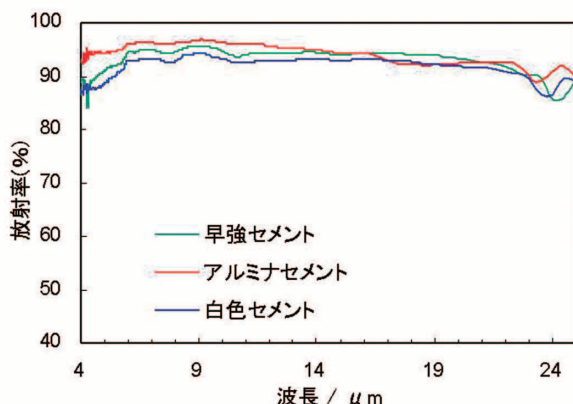


図2 各種セメント硬化体の遠赤外線放射率曲線

サンプルを加熱ステージに固定した後、熱的平衡を得るために1h以上経過してから測定を行なった。40.4℃および161.3℃の2つの黒体炉を測定し、2

点温度標準検量法により遠赤外線放射率曲線(以下、放射率曲線)を得た。また、遠赤外線積分放射率(以下、積分放射率)は、波長範囲3.33~25.42μmにて算出した。

### 3. 結果及び考察

#### 3.1 セメント硬化体の遠赤外線放射特性に及ぼす水セメント比の影響

W/C比の異なる普通ポルトランドセメント硬化体の放射率曲線を図1に、高密度などの性状を表1に示す。見掛け密度はW/C比によらずほぼ同じであるが、高密度はW/C比が高くなるにつれて低下しており、W/C比が高いほど多孔質になっていることがわかった。しかしながら、積分放射率および放射率曲線はほぼ同じであった。このことから、W/C比は硬化体の組織(気孔)に影響するものの、放射特性に著しい影響は及ぼさないことが確認された。以後の実験では、W/C比を0.5として作製することとした。

#### 3.2 各種セメントの遠赤外線放射特性

セメントには目的に応じた色々な種類があり、構成成分・鉱物に違いがある。そこで、種々のセメント硬化体の放射率を測定することにより、構成成分の相違による放射率への影響について検討した。今回は、早強ポルトランドセメント、白色セメント、アルミナセメントを選択した。これらセメントの化学組成を蛍光X線分析のファンダメンタルパラメータ (FP) 法により求めた。その結果を表2に示す。早強ポルトランドセメントは、一般的なセメントである普通ポルトランドセメントとほとんど同じ成分を有している。また、白色セメントは、セメントの着色原因である酸化鉄(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)が少なくなっている。アルミナセメントは、アルミナ(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)が他のセメントよりもかなり多く、シリカ(SiO<sub>2</sub>)、カルシア(CaO)

表2 セメントの化学組成

(mass%)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>
普通ポルトランドセメント	19.7	5.1	3.2	0.3	1.4	66.3	0.2	0.4	2.7	0.4
早強ポルトランドセメント	19.5	4.4	0.2	3.0	0.9	66.9	0.2	0.4	3.8	0.4
アルミナセメント	5.6	50.2	1.2	0.1	0.5	39.2	0.0	0.2	0.2	2.5
白色セメント	21.1	4.6	0.2	0.0	1.0	68.8	0.1	0.1	3.9	0.2

※蛍光X線分析(FP法)による定量

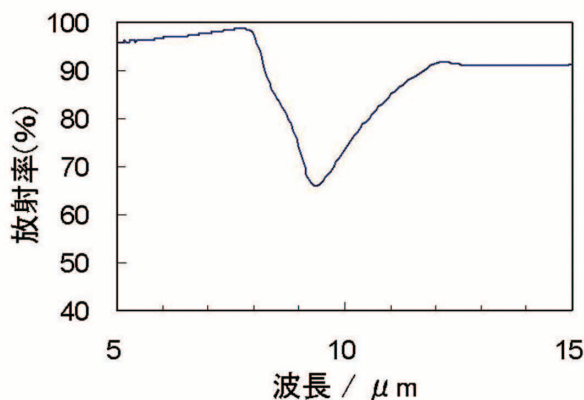


図3 石灰釉を施した磁器の遠赤外線放射率曲線

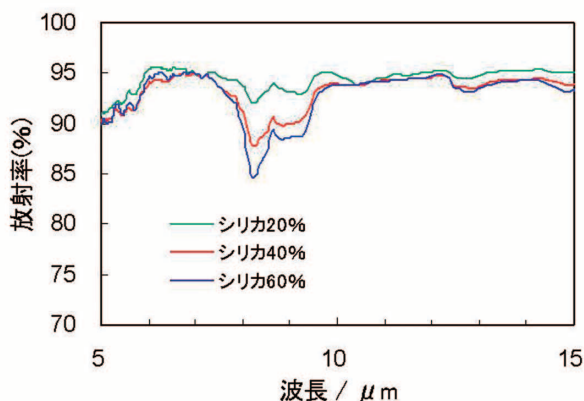


図4 シリカを混合した普通ポルトランドセメント硬化体の遠赤外線放射率曲線

が少なくなっている。

各種セメントの放射率曲線を図2に示す。化学組成は上述のように異なるが、放射率曲線は同じような傾向にあり、波長依存性をほとんど示さなかった。また、どのセメントにおいても積分放射率は約93%であり、有為な差は見られなかった。このことより、セメント硬化体は遠赤外線の高放射素材であることが明らかとなったが、高放射率の要因については明らかにすることができなかった。

### 3.3 シリカを添加したセメント硬化体の遠赤外線放射特性

セメントのようにケイ酸成分( $\text{SiO}_2$ )を有する材料は、一般的に波長域約8~10 $\mu\text{m}$ において、ケイ素と酸素間(Si-O)の結合に由来する放射率低減領域が見られる。図3に放射率の低減が特徴的な石灰釉を施した磁器の放射率曲線を示す。波長が9 $\mu\text{m}$ では、放射率が70%以下となっていることが分かる。

これに対し、図1、2からも分かるように、各種

セメント硬化体は、8~10 $\mu\text{m}$ における放射率の低下は見られない。そこで、普通ポルトランドセメントに、石英( $\text{SiO}_2$ )を添加した硬化体の放射率を測定した。放射率曲線を図4に示す。添加量が増加するにつれて、Si-Oに由来する放射率の低下が確認された。

以上のことから、セメントのケイ酸成分は約20mass%で、放射特性への影響がほとんどないことが推察された。一方、一般的な石灰釉ではケイ酸成分が約70mass%含まれており、放射率曲線に影響を及ぼしたと推察された。

## 4. まとめ

セメント硬化体の低温における遠赤外線放射特性を評価し、以下の知見を得た。

(1)普通ポルトランドセメント、早強ポルトランドセメント、白色セメント、アルミナセメントは、どれも90%を越える高い積分放射率を示し、高放射材料であることがわかった。また、どのセメント硬化体においても波長依存性は少ないことが明らかとなった。

(2)ケイ酸成分の量が多いほど、約8~10 $\mu\text{m}$ の波長域で、放射率の低下が顕著になることが明らかとなった。また、ケイ酸分の含有量が約20mass%以下では、約8~10 $\mu\text{m}$ の波長域での放射率の低減はほとんど無いことが推察された。

(3)水セメント比を変え、硬化体の高密度を変えても、セメント硬化体の放射率に影響は無いことが分かった。

## 文 献

- 1) 高嶋廣夫, 杉山豊彦, セラミックス, 23(4), pp.287-293(1988).
- 2) 高田紘一, セラミックス, 23(4), pp.310-315(1988).
- 3) 石黒智明, 舛田純男, 加藤一実, 富山県工業技術センター研究報告, No.4, pp.14-15(1990).
- 4) 島田忠, 加藤布久, 倉知一正, 岐阜県陶磁器試験場研究報告, pp.12-17(1991).
- 5) 尾谷賢, 北海道立工業試験場報告, No.293, pp.115-121(1994).
- 6) 天野和男, 浅井徹, 山田義和, 愛知県産業技術研究所研究報告, pp.95-101(2002).
- 7) 角田世治ら, 青森県工業総合研究センター事業報告書, pp.70-74(2005).