

## コンクリートの性状分析に向けたハイパースペクトルカメラの適用性検討

飛鳥建設 正会員 ○鈴木 亮汰  
飛鳥建設 正会員 桃木 昌平

飛鳥建設 折田 現太  
飛鳥建設 正会員 松田 浩朗

## 1. はじめに

透過・反射する光の強さを波長ごとに取得する分析手法である分光法は、見た目には違いが表れない物質同士を非接触・非破壊で識別できるという特徴から、産業や医療など幅広い分野で活用されている。本研究は、建設分野への分光法の適用性を調べるべく、数百バンドもの波長へ分光可能な機器であるハイパースペクトルカメラによるコンクリートの性状分析を検討したものである。

## 2. 撮影機器

分析に使用したハイパースペクトルカメラの主な仕様を表1に示す。可視光域と近赤外域を対象とする、2種類のカメラを用いて分析を行った。いずれもRESONON社製のラインスキャン形式の製品であり、専用撮影スタンドに被写体を設置して撮影するものである。なお、光源には可視光域から近赤外域までの幅広い波長の光を発するハロゲンランプを用いている。

表1 使用したハイパースペクトルカメラ

モデル名	波長範囲 (nm)	波長分解能 (nm)	測定速度 (fps)
Pika XC2	400 ~ 1000 (可視光域)	2.3	165
Pika NIR-320	900 ~ 1700 (近赤外域)	9.7	520

## 3. 水セメント比別の撮影

同一ロットセメントから、水セメント比の異なる3種(W/C = 30%, 50%, 100%)のセメントペーストを作製し、それぞれを撮影した。図1は撮影から得られたスペクトル分布をスペクトルカメラの機種別にまとめたものである。可視光域では水セメント比によるスペクトルの顕著な違いは見られなかったが、近赤外線域の波長1,300nm以上ではW/Cの値が高

いほど反射が少ない傾向が確認できた。近赤外域での反射率低減は、水の反射スペクトルの特徴りに合致しており、分光法によってフレッシュコンクリートの水セメント比を推定できる可能性が示された。

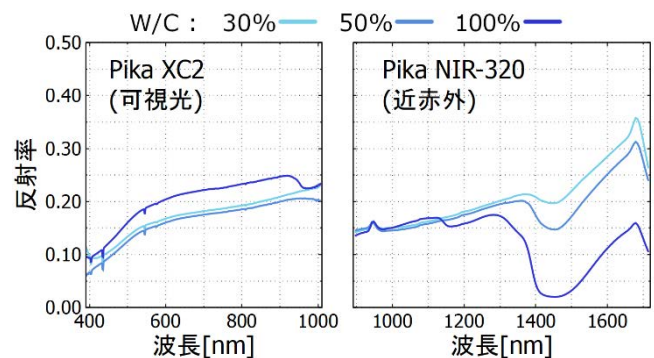


図1 W/C別のスペクトル分布

## 4. 凝結過程の撮影

モルタルの凝結時間試験と並行して、打込み完了から凝結の終結時間までモルタル供試体を断続的に撮影した。フレッシュ状態と凝結の終結時点から代表スペクトルを採取し、Spectral Angle Mapper<sup>2)</sup>を用いてそれぞれの分布を調べた結果を図2に示す。なお、この分析には可視光域の撮影データを使用している。打込みから凝結の始発までの間でスペクトル分布の変化が確認できる一方、始発以降の変化は確認できなかった。また、別途実施した近赤外域の分析についても可視光域の結果と同じ傾向が見られた。

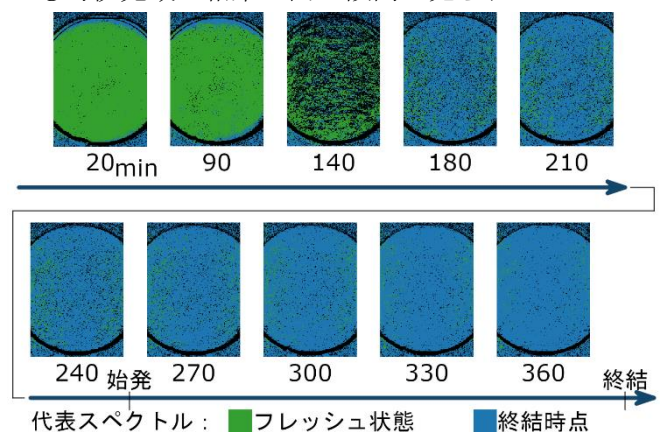


図2 凝結過程の撮影結果

キーワード 分光法, コンクリート, モルタル, セメントペースト, 水セメント比, 中性化

連絡先 〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬5472 飛鳥建設(株) 技術研究所 TEL080-1019-5904

この結果から、分光法によって凝結の開始を非破壊で観測できる可能性が考えられるが、ブリーディング除去の有無が反射スペクトルに大きく影響した他、表面の湿潤具合の変化によって見た目にも変化があり、分光法によってセメントの凝結を捉えることができていないのかを調べるにはさらなる検討が必要である。

## 5. 中性化

100×100×400 mm のコンクリート試験体を割裂で三分割し、うち 2 つの試験体を CO<sub>2</sub> 濃度 5% の促進中性化槽に静置し、3 水準の試験体（促進中性化なし、2 週間静置、4 週間静置）を作製した後、それぞれの断面の撮影を行った。図 3 はフェノールフタレイン液を噴霧した結果を参考に、中性化している箇所としていない箇所からそれぞれスペクトルを採取し、中性化による反射スペクトルの影響を調べた結果を示している。中性化の有無による違いは近赤外域で観測され、中性化によって全体的に反射が強くなった他、波長で一次微分する処理を施した結果では 900nm と 1,400nm 付近において顕著な違いが見られた。これらの傾向は、セメントペースト供試体に対して近赤外分光法を用いた過去の研究例<sup>3)</sup>とも合致しており、水酸化カルシウムと炭酸カルシウムの反射スペクトルの違いが影響していると考えられる。

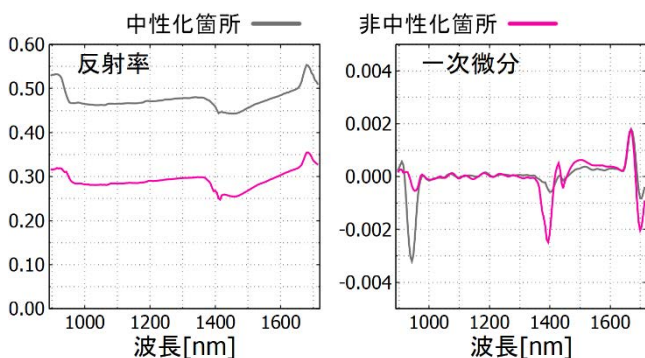


図 3 代表スペクトルの比較

また、図 4 は試験体にフェノールフタレイン液を噴霧した写真（上段）と、Spectral Angle Mapper を適用して出力したもの（下段）を比較した結果である。中性化の程度によらず、塩基性を示す箇所の着色域が一致しており、近赤外域のハイパースペクトルカメラを用いることによってもコンクリート断面の中性化域・深さを測定できることが確認できた。

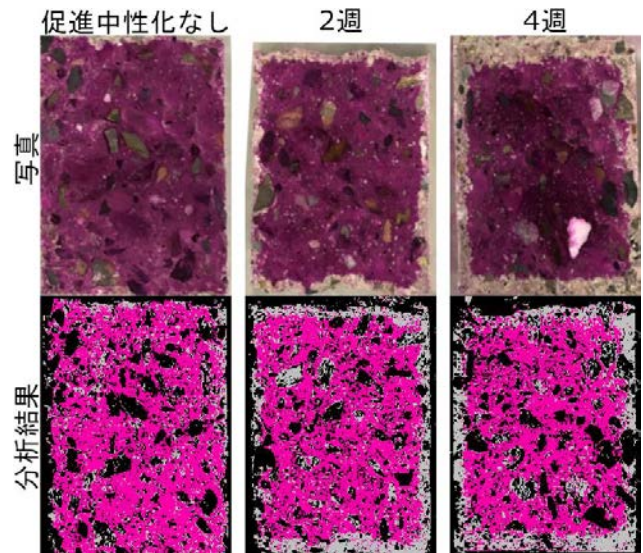


図 4 中性化促進期間別の撮影結果

## 6. まとめ

セメント系材料を対象に、分光カメラによる撮影を行い、性状ごとの比較を行った。結果からは以下のことが考察できる。

- ・ ハイパースペクトルカメラを用いることにより、コンクリート供試体程度のサイズでも分光法による解析が短時間で可能である。
- ・ 近赤外線域の分光法解析により、フレッシュコンクリートの水分量の違いや中性化の有無が識別できる。
- ・ コンクリート中の水や水酸化カルシウム、炭酸カルシウム程度の含有量であれば、分光法による観察が可能である。

## 7. 謝辞

本研究はケイエルブイ (株) が展開するハイパースペクトルカメラのデモ測定を介して得られた成果である。ここに記して謝意を表する。

## 参考文献

- 1) H. Büning-Pfaue: Analysis of water in food by near infrared spectroscopy, Food Chemistry, Vol.82, pp.107-115, 2003
- 2) Yuhas, R. H., Goetz, A. F. H. and Boardman, J. W.: Discrimination among semiarid landscape endmembers using the spectral angle mapper (SAM) algorithm, Summaries of 3rd Annual JPL Airborne Geoscience Workshop, JPL Publication 92-14, Vol.1, pp.147-149, 1992
- 3) 石川 幸宏, 金田 尚志, 魚本 健人, 矢島 哲司: 近赤外分光法を用いたコンクリートの劣化因子の検出, 土木学会年次学術講演会講演概要集, 2004