

## マルチスペクトル法を用いたコンクリート表面の塩化物量の推定

東京大学大学院 学生会員 ○金田 尚志  
 東京大学生産技術研究所 フェロー 魚本 健人

### 1. はじめに

一般に、硬化コンクリート中の塩分量は、コンクリートコアの採取、コンクリートドリルによる粉末試料を用いて塩分分析により求められている。従来の方法では、試料の作成、分析に労力と時間を要し、大断面を対象とすることは、非常に困難である。そこで、本研究では、ハイパースペクトルリモートセンシングの技術を用い、非接触でコンクリート表面の塩化物濃度の推定することを目的とした。

### 2. 実験概要

#### 2.1 実験供試体

土木学会コンクリート標準示方書(維持管理編<sup>1)</sup>)のコンクリート表面塩化物イオン濃度と鉄筋の腐食発生限界濃度を想定して(表-1)、塩化ナトリウムを混入した10×10×20cmのコンクリート供試体を作成し、気乾養生を行った(表-2)。供試体作成時には、塩化物濃度が不均一とならぬように、材料分離に注意し、測定面は打設側面とした。

#### 2.2 測定方法

マルチスペクトル法は、リモートセンシングの技術で用いられており、物質が固有の仕方で電磁波を反射、または放射する性質を利用したものである。この性質を分光特性といい、この特性を用いて、構成成分を特定する方法が実用化されている。図-1に示すとおり、暗室内でGER社製ポータブルスペクトルメーターを用い、測定面に対して45°の入射角で標準光源(ハロゲンランプ)を一定に保ちながら測定を行った。本研究では分光反射率をパラメータとし、反射率を算出する標準白板として、硫酸バリウム板を用いた。分光反射率とは、物体がどの波長の光をどれだけ反射するかを示したものであり、標準白板の分光反射率曲線はすべての波長において99%前後の様な高い反射率を示すことから、以下の式で算出できる。

$$\text{分光反射率} : SR = \frac{\text{供試体の放射輝度}}{\text{標準白板の放射輝度}} \quad \text{式(1)}$$

図-2に標準白板を用いて測定した各種光源の発光スペクトルを示す。測定の対象とする近赤外～短波長赤外域(760-1800nm)において、太陽光や赤外線ストーブと比較してハロゲンランプが高い発光特性を示していることが確認できる。光量を調整でき、安定した発光スペクトルを得られることから、ハロゲンランプを光源として選択した。

表-1 コンクリート表面の塩化物イオン濃度<sup>1)</sup>

表面における塩化物イオン濃度 Co(kg/m <sup>3</sup> )						
飛沫帯	海岸からの距離(km)					腐食発生限界
	汀線付近	0.1	0.25	0.5	1.0	
13.0	9.0	4.5	3.0	2.0	1.5	1.2

表-2 供試体の配合

W/C	単用量(kg/m <sup>3</sup> )			
	G	S	C	W
55%	998	849	305	168
供試体 No.	塩化物混入量(kg/m <sup>3</sup> )			
N	無混入			
1	1.2			
2	1.5			
3	2.0			
4	3.0			
5	4.5			
6	9.0			
7	13.0			

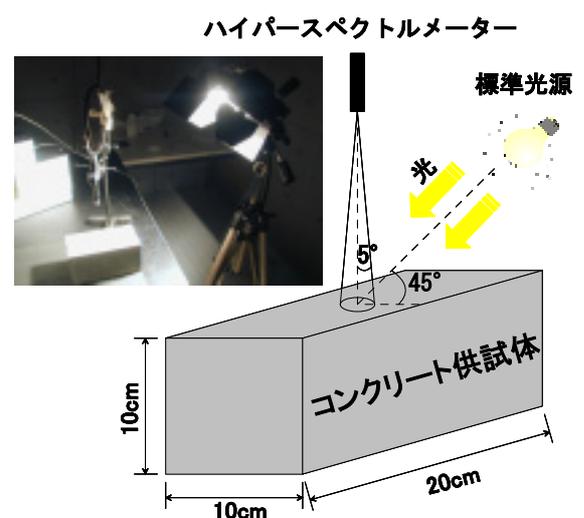


図-1 スペクトル測定方法

2.3 測定結果

図-3 に塩化ナトリウム単体の分光特性を示す。塩化ナトリウムは、白色固形物のため、コンクリートと比較するとどの波長においても分光反射率が高い結果となった。しかし、1940nm 付近で分光反射率が低いことが確認できる。これは、この波長域で塩化ナトリウムが光を吸収している(分光吸収率が高い)ことを示しており、物質特有の分光特性である。同様に各供試体の分光特性を図-4 に示す。グラフからわかるように、どの供試体も同様なパターンを示しているが、供試体ごとに分光反射率がばらついており、供試体中の塩化物濃度が増えても、分光特性の変化に関する特有の傾向は確認できない。これは、コンクリート供試体表面の色、ムラ、気泡等によって、光の反射率が異なることが原因と考えられる。したがって、分光反射率の値で、供試体表面の塩分濃度を推定することは困難である<sup>2)</sup>。

3. コンクリート表面の塩化物濃度の推定

図-3 のグラフの凹部に着目すると、部分的に分光吸収率が高いとみることができる。分光反射率=(1-分光吸収率)の概念を導入し、凹部の反射率の減少率をパラメータとし、分光反射率比を以下のように定義した。

分光反射率比=(最小極値の分光反射率)/((極値前の最大極値の分光反射率+極値後の最大極値の分光反射率)/2) 式(2)

このケースでは最小極値の波長は 1940nm, 最大極値の波長はそれぞれ 1860, 2150nm 付近である。図-5 に分光反射率比と塩化物混入量の関係を示す。混入量が少ない場合は、分光反射率比が大きく(局所的に分光反射率が小さく)なり、多い場合は分光反射率比が小さくなることを確認できる。

結論

コンクリート表面の塩化物量が少ない場合には、分光反射率比の差が現れないため、本手法での塩化物量の推定は困難であるが、塩化物量が多い場合に有効である。分光特性(吸収・反射ピーク)を利用することで、コンクリート表面の任意の物質の検出が可能と考えられる。

参考文献

- 1) 土木学会編：コンクリート標準示方書 維持管理編，2001年制定
- 2) 有田淳，佐々木頭一郎，遠藤貴宏，安岡善文：ハイパースペクトルリモートセンシングを用いたコンクリートの劣化特性の評価に関する研究，全国測量技術大会学生フォーラム，2001.6

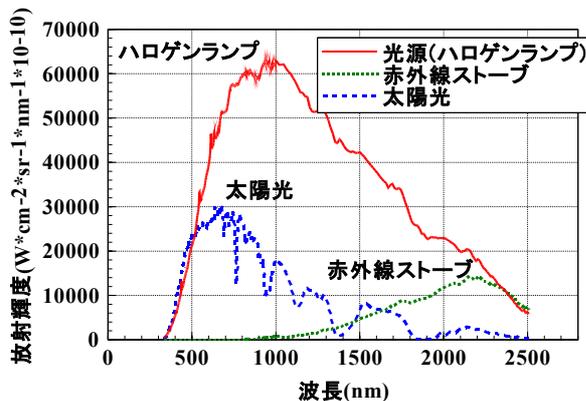


図-2 各種光源の発光スペクトル

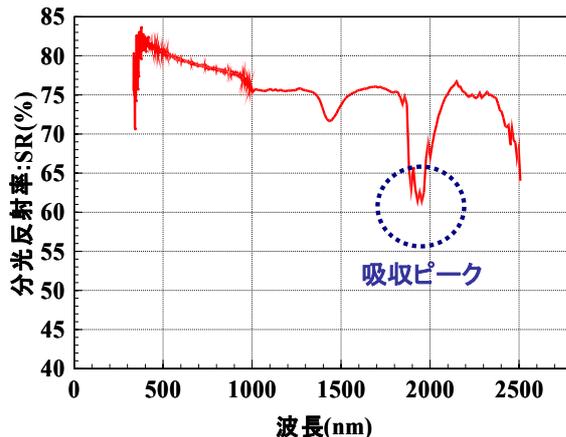


図-3 塩化ナトリウムの分光特性

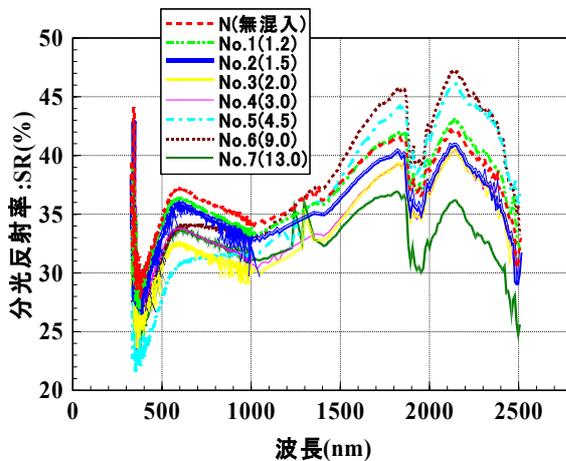


図-4 供試体の分光特性 ( )は塩化物量(kg/m<sup>3</sup>)

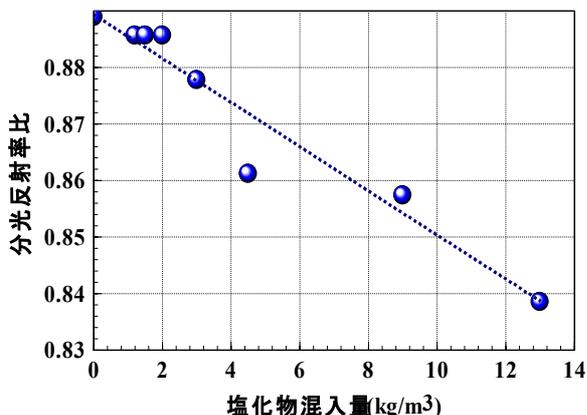


図-5 塩化物混入量と分光反射率比