

## 近赤外分光法を用いたコンクリートの劣化因子の検出

芝浦工業大学大学院 学生会員 石川 幸宏  
 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  
 芝浦工業大学 フェロー 矢島 哲司

### 1. はじめに

近年、塩害や中性化、アルカリ骨材反応、凍結融解などによるコンクリートの劣化が問題視されたことにより、コンクリート構造物の維持管理が重要視されている。その際に、コンクリートの検査の手法として超音波法や赤外線法、コア採取法などが行われている。これまでの検査方法は、主にコンクリートの物理特性を評価するものであるが、実際のコンクリートの劣化を考えた場合、劣化の結果生じるコンクリート中の化学成分の変化が評価できれば、診断時に極めて有益な情報となる。そこで本研究では近赤外分光法が、農学や医療、食品など広い分野で成分分析や品質管理に使われていることに着目し、近赤外分光法によりコンクリート中に含まれる劣化因子の検出を試みた。

### 2. 実験概要

本研究では、コンクリートの中性化・硫酸劣化・塩分浸透に着目し、中性化した場合・硫酸劣化した場合・塩化物濃度が変化した場合に近赤外域においてスペクトル特性にどのような影響が表れるか、塩化物濃度を变化させた供試体に関しては、定量分析が可能かを検討した。

#### 2.1 供試体の作製

供試体は、W/C50%で普通ポルトランドセメントを使用し、サイズは4×4×16cmとした。中性化させた供試体はC-N、硫酸劣化させた供試体はS-Nとした。また、塩分を含んだ供試体の種類と略記方法に関しては表-1に示す。

表-1 塩化物濃度を变化させた供試体の種類と略記方法

塩化物混入量(kg/m <sup>3</sup> )	0.0	1.2	1.5	2.0	3.0	4.5	6.0	9.0	11.0	16.0	20.0	25.0	30.0
供試体No.	N-0.0	N-1.2	N-1.5	N-2.0	N-3.0	N-4.5	N-6.0	N-9.0	N-11.0	N-16.0	N-20.0	N-25.0	N-30.0

### 3. スペクトルの測定と結果データ処理

#### 3.1 測定結果

スペクトルの測定は、近赤外分光分析装置（FOSS NIRSystem 社製 NIR6500 型）で行った。計測は一供試体につき三回行い、平滑化と移動平均処理を行った。参考として図-1に水酸化カルシウムと炭酸カルシウム、図-2に硫酸化カルシウム水和物のスペクトルも示した。中性化により水酸化カルシウムが炭酸カルシウムに変化したことにより吸光度が低下し、硫酸劣化により二水石膏が生成されることにより特定波長で吸光度が高くなる。また図-3では塩化物混入量が増加すると共に特定波長において吸光度のピークが顕著になる。

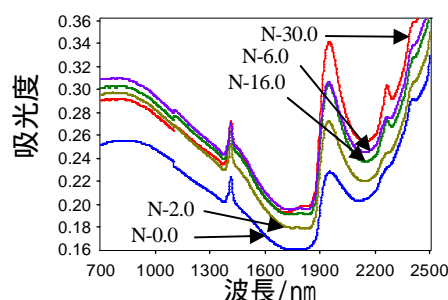
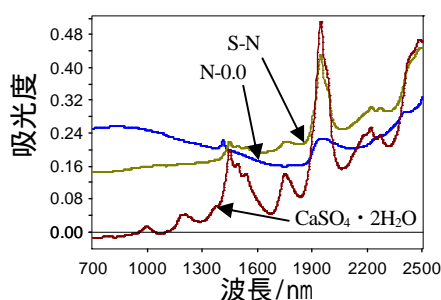
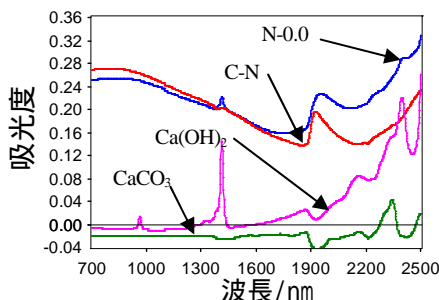


図-1 中性化によるスペクトルの変化 図-2 硫酸劣化によるスペクトルの変化

図-3 塩化物濃度による  
スペクトルの変化

キーワード 近赤外分光法, スペクトル特性

連絡先 〒108-8548 東京都港区芝浦 3-9-14 芝浦工業大学 矢島研究室 TEL 03-5476-3050 FAX 03-5476-3166

### 3.2 2次微分処理

図-1,2 では、特定波長においてスペクトルの変化が明らかに見られ中性化、硫酸劣化による影響がスペクトルに現れていると考えられる。図-3 ではスペクトル特性を明確にすることは難しいといえる。そこで、スペクトルを構成する個々の吸収ピークを2次微分処理により強調し明確にした。1次微分処理を用いても強調できるが、1次微分ではスペクトルのピークを強調できないため2次微分を用いた。図-4 では、特定波長で塩分濃度が高くなるにつれて2次微分値が低くなる傾向が得られた。

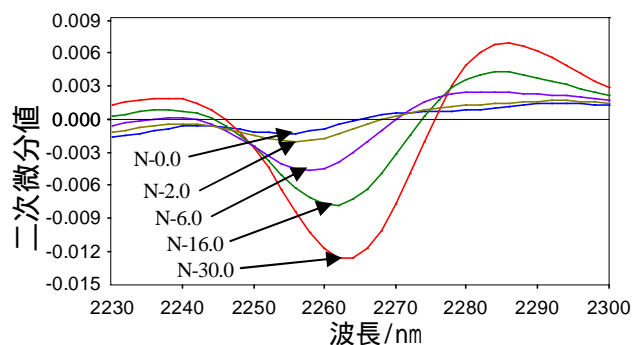


図-4 特定波長付近における塩化量と2次微分値の関係

### 3.3 2次微分値と塩化物量の相関プロット

図-5 は、図-4 から得られた2次微分値と塩化物量の相関プロットである。この図からある特定波長では塩化物量と2次微分値が非常に高い相関を示しているということが分かる。図-6 に示す原スペクトルと塩化物量の相関関係をプロットしたものと比較すると、2次微分値を用いることでより高い相関が得ることができた。

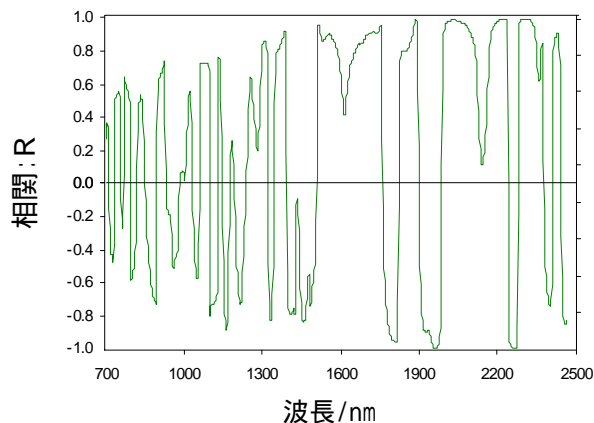


図-5 2次微分値と塩化物量の相関プロット

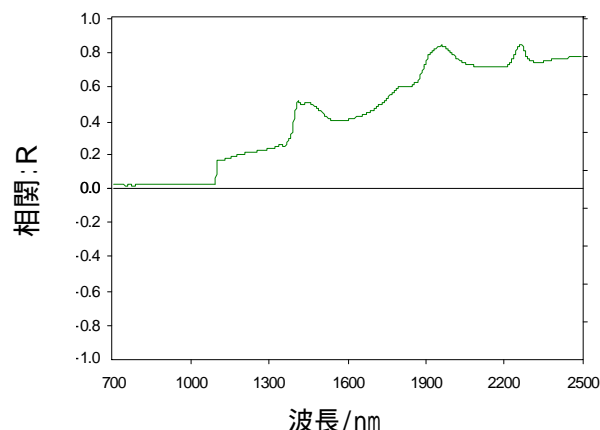


図-6 原スペクトルと塩化物量の相関プロット

## 4. コンクリート中の塩分濃度の推定

特定波長において2次微分値と塩化物量の相関が高いことから、特定波長において塩化物量の推定が可能であると考えられる。

スペクトルデータと対象成分の分析値との関係を得るために、回帰分析を行った。2次微分値を図-7中の式に代入し塩分濃度の予測値を求め実測値との相関表を検討した結果、特定波長において図-7に示すような高い相関が得られた。

## 5. まとめ

- 1) 水酸化カルシウム、炭酸カルシウム、二水石膏のスペクトルと比較することにより、中性化や硫酸劣化を検出できる。
- 2) あらかじめ対象とする成分のスペクトル特性（吸光・反射ピーク）を確認しておくことで、近赤外分光法により目視では見分けにくいコンクリートの劣化因子の特定が可能である。
- 3) 特定波長の2次微分値を用いることによって塩化物濃度の推定が可能である。

【謝辞】本研究は東京大学生産技術研究所第5部魚本研究室で行ったものであり、機会を与えてくださった矢島哲司教授、勝木太助教授をはじめ、研究にご指導いただいた魚本健人教授、岸利治助教授、加藤佳孝講師ならびに魚本・岸・加藤研究室の皆様へ深く感謝いたします。

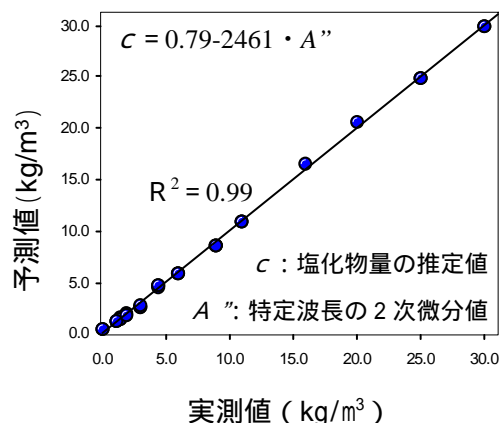


図-7 塩化物量の実測値と予測値の関係