

ハイパースペクトル解析を用いた大気環境下 における鉄鋼材料の耐食性評価

小林, 遼 / KOBAYASHI, Ryo

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学研究科編

(巻 / Volume)

63

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

2

(発行年 / Year)

2022-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00025293>

ハイパースペクトル解析を用いた 大気環境下における鉄鋼材料の耐食性評価

EVALUATION OF CORROSION RESISTANCE OF STEEL MATERIALS UNDER ATMOSPHERIC ENVIRONMENT BY HYPERSPECTRAL ANALYSIS

小林 遼

Ryo KOBAYASHI

指導教員 明石孝也

法政大学大学院理工学研究科応用化学専攻修士課程

Hyperspectral analysis has been investigated as the evaluation method for corrosion resistance of steel materials under atmospheric environment. The hyperspectral measurement of known iron-based corrosion products led that the wavelengths for reflection and absorption differ depending on the kind of corrosion products. The hyperspectral imaging of steel materials exposed to coastal area, showed that the larger the change in corrosion loss, the more β -FeOOH was formed on the surface. The hyperspectral analysis can be a powerful tool to predict the atmospheric corrosion resistance of steel materials.

Key Words : hyperspectral camera, atmospheric corrosion, corrosion products, steel materials

1. 緒言

近年、高度経済成長期に建設された膨大な数の橋梁の高経年劣化が問題となっており、その中でも大気腐食は重大な損傷要因の一つとなっている¹⁾。これに対し、現在、橋梁では近接目視観察を基本とした5年ごとの点検・評価²⁾が義務づけられている。しかしながら、橋梁の多くは地方自治体が管理しており、人員不足や財政不足の問題からより簡便で定量的な診断技術が求められている。

そこで、本研究では連続した多くの波長情報を取得できるハイパースペクトルカメラに着目し、大気環境下での鉄鋼材料の耐食性評価に対する材料表面のハイパースペクトル解析の有用性を検討した。

2. 実験方法

(1) 試料

試料には、教師スペクトルを測定するための4種類の既知の鉄系腐食生成物(α -FeOOH, β -FeOOH, γ -FeOOH, Fe_3O_4)を用いた。また、実際の試験片として、千葉県銚子市で所定の時間、直接暴露試験を行ったFe-5mass%Ni(以下、Fe-5Ni)の試験片(5 cm×5 cm)を用いた。

(2) ハイパースペクトル測定

測定には、エバ・ジャパン社製ハイパースペクトルカメラNH-7-NK(測定波長:350~1100 nm, 波長分解能:5 nm)を用いた。Fig. 1に測定システムを示す。光源にはハロゲンランプを使用し、ハロゲン光は3方向から照射した。光を均一に照射するため、試料は光拡散ボックス内に設定し

た。ハイパースペクトルカメラは架台に鉛直下向きに設置し、上方から試料を測定した。白板を被写体として撮影した結果を光源データ、計測対象物を撮影した結果を分光データとし、各ピクセルで分光データを光源データで除算することにより反射率を得た。測定範囲は試料の中心域とし、平均スペクトルを用いて解析した。測定条件はスキャンレート 60 line/sec, ゲイン 50 db とした。

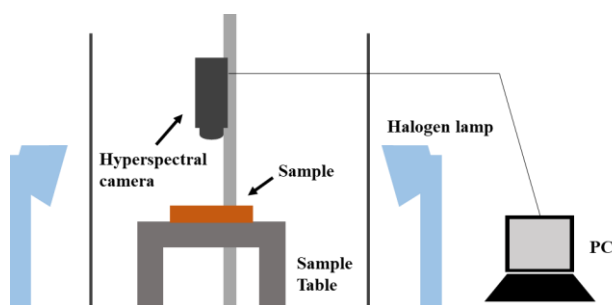


Fig. 1 Hyperspectral measurement system.

(3) ハイパースペクトル解析

本研究では、ハイパースペクトルデータの解析において広く用いられているSAM(Spectral Angle Mapper)解析を用いて画像マッピングを行った。

比較用教師スペクトル: s とハイパースペクトルデータの各画素の計測スペクトル: x とのスペクトル間の角度を類似度: h として次のように定義される。

$$h = \cos \theta = \frac{x \cdot s}{\|x\| \|s\|} \quad (1)$$

3. 結果および考察

(1) 鉄系腐食生成物のハイパースペクトル測定

Fig. 2 に既知の鉄系腐食生成物に対してハイパースペクトル測定を行った結果を示す。各腐食生成物の特徴として、 α -FeOOH は 595 nm と 765 nm, β -FeOOH は 740 nm, γ -FeOOH は 785 nm でそれぞれ反射スペクトルが認められた。一方、 Fe_3O_4 では特徴的な反射スペクトルのないスペクトルが得られた。この結果より、各腐食生成物のスペクトル形状には有意な違いが観測された。よって、4 種類の既知の鉄系腐食生成物を教師データ: s として SAM 解析を行い、類似度が高いものを該当する鉄系腐食生成物として分類した。

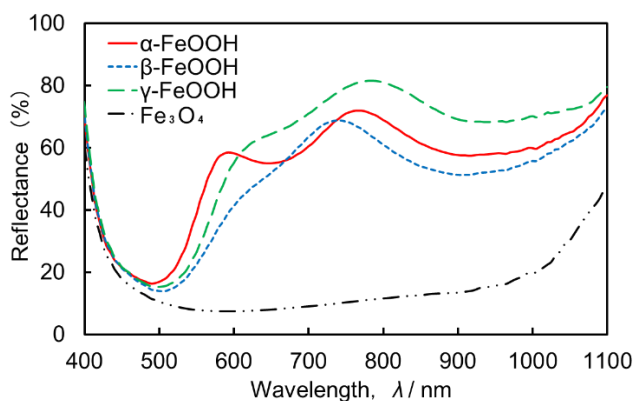


Fig. 2 Hyperspectral of iron-based corrosion products.

Fig. 3 に暴露試験時間の異なる試験片に対してハイパースペクトル測定を行った結果を示す。試験片上に形成された腐食生成物は、暴露試験時間に関係なく 500 nm 付近で反射率が低下し、800 nm 付近で反射率が高くなる傾向を示した。暴露試験時間に対するスペクトルの違いについて、1 年暴露試験片は 2 年暴露試験片と比べて 600 nm 以上の波長域でわずかに反射率が高くなることがわかった。

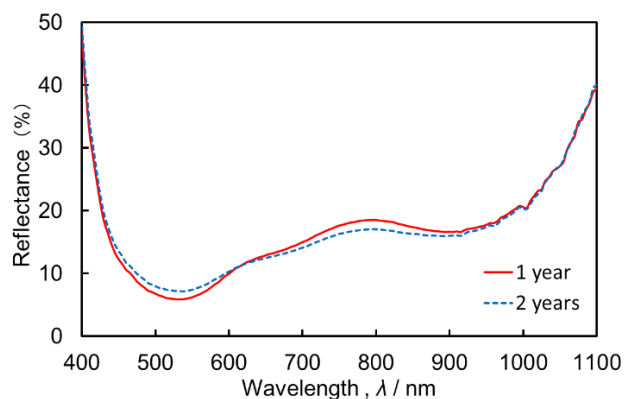


Fig. 3 Hyperspectral of the exposure test samples.

(2) SAM 解析による耐食性評価

Fig. 4 に直接暴露試験後の Fe-5Ni の外観写真および SAM 解析による画像解析結果を示す。外観写真では、ともに試験片の表面には黒褐色で緻密な腐食生成物が形成されていた。SAM 解析による画像解析結果から、1 年暴露試験片では試験片全体で β -FeOOH のスペクトルが検出された。一方、2 年暴露試験片では β -FeOOH のスペクトルがほとんど確認されず、1 年暴露試験片と比べてわずかに α -FeOOH のスペクトルが多く検出された。この結果より、SAM 解析によるスペクトルの分類解析手法を用いることで、表面に形成される腐食生成物の同定が可能であることがわかった。

1 年暴露と 2 年暴露との間の腐食の変化量 (ΔM_1) は 71.64 g/m^2 であり、2 年暴露と 3 年暴露との間の腐食の変化量 (ΔM_2) は 63.48 g/m^2 であった。各試験片の腐食変化量を比較した結果、1 年暴露の方が大きい値を示した。1 年暴露試験片は表面全体で β -FeOOH のスペクトルが検出されたことから、 β -FeOOH の形成とその後の耐食性には関係があることが示唆される。

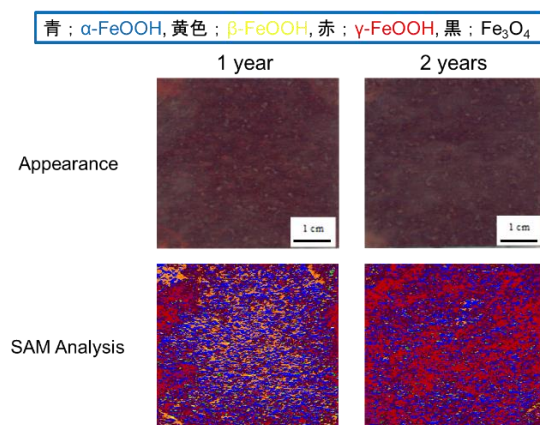


Fig. 4 Appearance and SAM analysis of the samples (Fe-5Ni) after exposure test.

4. 結言

本研究では、ハイパースペクトル解析による鉄鋼材料の耐食性評価を試みた。その結果、以下のことがわかった。

- 1) SAM 解析によるスペクトルの分類解析手法を用いることで、表面に形成される腐食生成物の同定が可能である。
- 2) 暴露試験によって最表面に形成された腐食生成物の還元されやすさとその後の耐食性には関係があることが示唆された。
- 3) 鉄鋼材料の腐食予測に対して、ハイパースペクトル解析は有用である。

参考文献

- 1) T. Natori, K. Nishikawa, J. Murakoshi and T. Ohno, *Jpn. Soc. Civ. Eng., Ser. I*, Vol. 668[54], pp.299-311, 2001.
- 2) 国土交通省 道路局 “道路橋定期点検要領”, 2019.