

## 鋼橋の塗膜劣化モニタリングのための紫外線センサ IC タグの開発に関する研究

茨城大学工学部 学生会員 大川 新太郎  
茨城大学工学部 正会員 原田 隆郎

## 1. はじめに

一般に橋梁の防食対策には塗装が用いられ、この塗装が長期間にわたり鋼材を腐食から保護し、構造物としての機能が保たれている。しかし、鋼橋における塗装の塗り替え費用は年々増加しており、財政的にも負担が大きくなっている。そこで、橋梁の各鋼部材における防食機能の劣化要因をモニタリングし、供用環境によって点検回数を増減させるなど、定期点検の効率化をはかり、塗り替え時期の判定や予防保全的な対策を行うための、効率的な塗膜劣化環境要因の収集システムが必要となっている。そこで本研究では、現在多くの分野で有効利用されている IC タグを用いて、鋼部材の塗膜劣化環境要因を安価にモニタリングし、補修計画の判断指標として利用できるモニタリングシステムの基本構想を提案する。そして、塗膜劣化環境要因のうち劣化の初期段階である上塗劣化の触媒となる紫外線を無線測定するための紫外線センサ IC タグの設計及び作製を行った。

## 2. 塗膜劣化環境モニタリングシステムの基本構想

## (1) 塗膜劣化に影響を及ぼす環境要因と測定項目

塗膜劣化過程とその要因を図-1 に示す。第一段階において、紫外線が塗料に使用されている樹脂を犯す。水分は雨露あるいは湿気の形で関与し、塗膜を膨潤させて紫外線による劣化を容易にし、塗膜内部への酸素の運び役としての役割を担う。上塗塗膜が劣化を生じると塗膜の対気に対する耐候性が弱まり、雨水などの水分、電解質が塗膜を浸透しやすくなるので発錆への誘因となる。第二段階において、鋼材と水分が接触することによって、塗膜下に錆が生じる。このとき水分は鋼材と反応するとともに、反応速度を上昇させる、酸素や塩分など (SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> など) の電解質を塗膜下まで運ぶ役割を担う。このような劣化過程を踏まえ、本研究では紫外線、温湿度、硫酸化物、窒素酸化物、二酸化炭素、付着塩分を塗膜劣化モニタリングに必要な測定項目と定義した。

## (2) 塗膜劣化環境モニタリングのシステムイメージ

本研究では、上記で定義した塗膜劣化環境要因を各種センサ IC タグによって情報収集し、塗膜劣化の相対的な速さの把握を行うとともに、塗り替え時期の最適化、予防保全的な対応の検討を行うモニタリングシステムを目標とする。図-2 はそのシステムイメージである。管理対象橋梁に塗膜劣化環境要因を計測できるセンサ IC タグを設置し、計測したデータは定期的に無線収集される。前項で挙げた 6 つの測定項目を計測できるセンサ IC タグはパッケージ化され、そのすべてもしくは一部の情報が、あらかじめ設定した収集間隔で無線回収される。回収したデータはデータベースに保存され、IC タグの ID 機能によって各設置箇所の塗膜劣化環境情報として有効利用される。

現在、製品化されているセンサとして温湿度センサ IC タグがある。そこで、本研究では塗膜劣化の初期段階である上塗劣化環境を把握するため、上塗劣化の触媒となる紫外線を無線測定する紫外線センサ IC タグの設計及び作製を行い、塗膜劣化環境要因をセンシングする各種センサ IC タグの開発の第一歩とする。

現在、製品化されているセンサとして温湿度センサ IC タグがある。そこで、本研究では塗膜劣化の初期段階である上塗劣化環境を把握するため、上塗劣化の触媒となる紫外線を無線測定する紫外線センサ IC タグの設計及び作製を行い、塗膜劣化環境要因をセンシングする各種センサ IC タグの開発の第一歩とする。

キーワード：塗膜劣化、モニタリング、紫外線センサ、IC タグ

連絡先：〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 TEL：0294-38-5172 FAX：0294-38-5268

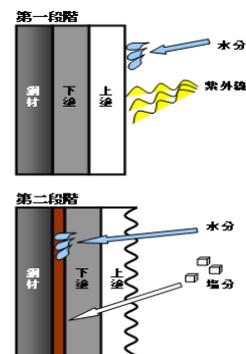


図-1 塗膜劣化過程と要因

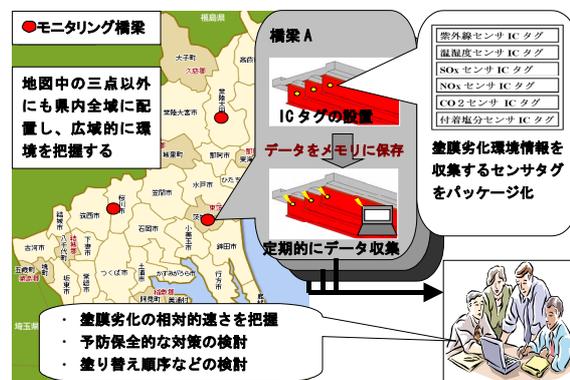


図-2 塗膜劣化環境モニタリングのシステムイメージ

### 3. 紫外線センサ IC タグの設計・製作と性能確認実験

#### (1) 紫外線センサ IC タグの設計と製作

図-3 に示すように、製作した紫外線センサ IC タグはセンサ基盤と S-NODE2<sup>2)</sup> で構成されている。センサ基盤内に配置した紫外線センサは、浜松ホトニクス(株)製の GaAsP フォトダイオード G5842 を用いた。地表に届く紫外線の波長が 290~400 $\mu\text{m}$  であるのに対し、このセンサの感度波長は 260~400 $\mu\text{m}$  と広いため、本研究で必要とする性能を有するセンサであると判断した。

以上の構成で組み上げた紫外線センサ IC タグから得られるデータは、物理量ではないのでそれを物理量（照射紫外線強度： $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ）に変換する必要がある。そこで、紫外線ランプを用いて、紫外線センサ IC タグの数値補正を行った。紫外線センサ IC タグと市販の紫外線計測器を並べて置き、1~50cm の距離から紫外線を照射し紫外線強度を変化させた結果、図-4 のように紫外線センサ IC タグの出力が照射紫外線強度の対数に比例する結果となった。近似曲線を式(1)に示す。

$$X = e^{\frac{Y-217.60}{39.87}} \quad (1)$$

本研究では、この近似曲線を紫外線センサ IC タグの出力 Y に対する照射紫外線強度 X ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) の補正式とし、これをセンサ基盤の CPU に書き込み、紫外線強度を測定できる紫外線センサ IC タグを完成させた。

#### (2) 紫外線センサ IC タグのセンシング性能確認実験

完成したセンサ IC タグが実際の太陽光から照射される紫外線強度においても同様の結果が得られるか確認するために、2月の晴天の1日において7:00~17:00まで、紫外線照射強度を計測した。また、紫外線照射強度を計測できていることを定性的に確認するために、市販の紫外線計測器でも30分おきに計測した。図-5 に実験結果を示す。双方の結果を比較すると多少の誤差は見られたが、全体的には同様の傾向が見られた。このことから紫外線センサ IC タグで、紫外線照射強度が計測できることが確認できた。誤差をより少なくするには、センサ IC タグ側の付加抵抗を変更し IC タグの出力数値の変動が大きくなるように調整する必要がある。

#### 4. おわりに

本研究では、塗り替え時期の判定や、予防保全的な対策をとるための情報収集システムの開発の初期段階として、鋼材の塗膜劣化過程に影響を及ぼす要因を整理し、塗膜劣化環境モニタリングシステムの基本構想を提案した。そして、塗膜劣化要因の一つである紫外線を計測するための紫外線センサタグ製作し、実環境中の紫外線強度の計測を行った結果、開発したセンサの性能を確認することができた。今後、実橋梁における紫外線計測を検討中であるとともに、他の各環境要因を計測するためのセンサ IC タグについてもパッケージ化していく予定である。

#### 参考文献

- 1). 社会法人日本道路協会, 鋼道路橋塗装・腐食防食便覧, 平成17年12月
- 2). ワイマチック株式会社, <http://www.ymatic.co.jp/>

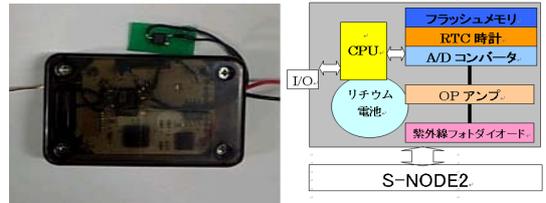


図-3 製作した紫外線センサ IC タグとその構成図

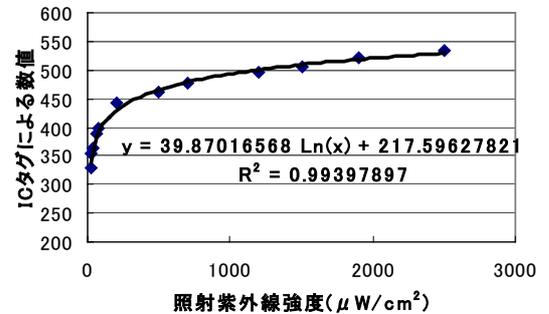


図-4 数値補正実験の結果（紫外線センサ IC タグの数値と照射紫外線強度の関係）

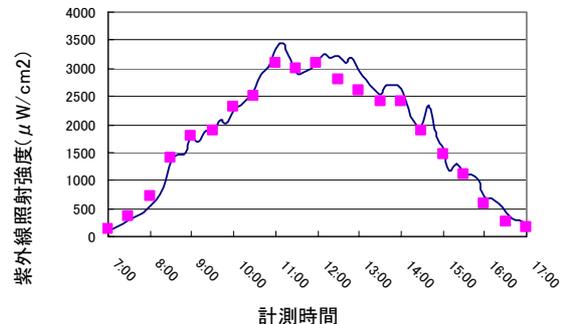


図-5 紫外線計測における比較