各種耐候性試験における腐食環境センサーの色差定量化に関する研究

川崎重工業　　正会員　○大垣賀津雄　梅田 聡　上野善彦
川崎重工業　　正会員　　岩崎勇人　高島 顕　海老原竜司

１．はじめに

近年，インフラ鋼構造物の劣化が目立ってきており，損傷部の補修事例のほとんどは，鋼材の腐食が原因である．しかしながら，鋼部材の塗替えや部分補修等の対策は，腐食が深刻化してからの事後保全対応となっているのが現状であり，このため構造物機能を満足できなくなっているものもある．今後，飛来塩分など腐食環境因子の影響を考慮に入れた，きめ細かな予防保全に取り組む必要性がある．

供用下の鋼構造物の腐食原因は，大気中に含まれる水分（結露，雨水），飛来塩分，大気汚染物質，風，温度などの複合されたものであり，この種の複合劣化因子を評価できれば鋼構造物の合理的な維持管理に結びつくものと判断できる．このような状況の中で，筆者らは，金属の変色(状態変化)を利用することで鋼構造物のおかれている腐食要因を容易に特定する，腐食環境センサーを開発した[1)]．また，腐食環境センサーの定量化の検討を行っており[2)]，金属の変色を，明度L*，色相と彩度を示す色度a*，b*の表色系で評価する手法を用いている[3)]．

本センサーによる腐食環境の診断精度向上を図るため，塩水噴霧，亜硫酸ガス，恒温恒湿，紫外線等の各腐食環境試験を実施し，腐食環境センサー各金属の経時的な色差値を把握して定量化した．本文はこれらの研究の内容を報告するものである．

２．試験要領

（１）腐食環境センサー

腐食環境センサーは，数種類の純金属板（30×30mm）を非電導材ベースに埋め込んだものである（**図１**参照）．このベース裏面はマグネット式になっており，鋼構造物のあらゆる部位で簡単に設置することが可能な構造である．今回試験対象としたTYPE-Aは，通常の大気環境下で変色しやすい金属Mg,Ag,Al,Cuを用いたものである．

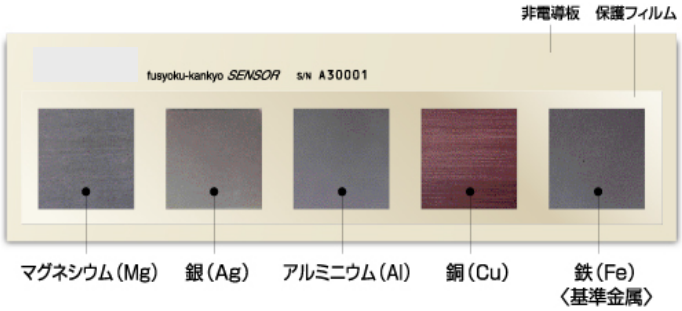

図１　腐食環境センサー

（２）耐候性試験

大気中の主な腐食因子を想定して，腐食環境センサー自身の各種耐候性試験を実施した．その条件を**表１**にまとめた．

表１　各種耐候性試験

試験名称	試験条件
塩水噴霧試験	5%NaCl，35℃ （JIS Z2371 に準拠）
恒温恒湿試験	80%RH，50℃
亜硫酸ガス腐食試験	1000ppm SO_2，80%RH，40℃
紫外線試験	ｻﾝｼｬｲﾝｳｪｻﾞｵﾒｰﾀｰ（ｶｰﾎﾞﾝｱｰｸ灯式） （JIS K5400 に準拠、水噴霧なし）

（３）定量化

試験中定期的に腐食環境センサーを取り出し，各センサー金属Mg,Ag,Al,Cu,Feの変色を，明度L*，色相と彩度を示す色度a*，b*の表色系[3)]で評価する手法を用いて定量化し，経時変化を把握した．これらの数値により，色差ΔE*ab（=［(ΔL*)^2+(Δa*)^2+(Δb*)^2］$^{1/2}$）も算出している．ここに，計測条件は「照明受光光学系は拡散照明方式，SCI(d/8)，10°D65光源」で，計測には分光測色計を用いた．この手法により，各耐候性試験の腐食進行状況を，適切に数値化している．

キーワード：　腐食環境センサー，腐食・環境因子，金属の腐食変色，腐食環境測定，鋼構造物
連　絡　先：　〒105-6116 東京都港区浜松町 2-4-1　川崎重工業　TEL:03-3435-2257　FAX:03-3578-1573

３．試験結果

（１）塩水噴霧試験

塩水噴霧試験によるセンサー金属 Mg の明度 L*と色度 a*経時変化を**図２，３**に示す．同図の横軸は塩水噴霧試験経過時間を，縦軸はそれぞれ明度変化ΔL*と色度変化Δa*を示す．**図２**より，時間経過と共に明度ΔL*は数 10 時間で一旦減少して（暗くなって）おり，その後，徐々に増加して（明るくなって）いることがわかる．また，**図３**より，色度Δa*は減少していき，やがて-1.5～-2.0 に収斂することがわかる．

（２）恒温恒湿試験

恒温恒湿試験によるセンサー金属の反応は比較的少なく，本試験より長時間経過しないと特筆すべき現象は生じないものと考えられる．

（３）亜硫酸ガス腐食試験

亜硫酸ガス腐食試験による腐食環境センサー経時変化状況写真を**表２**に示す．同表より，各センサー金属の変色状況が激しいことがわかる．特に，金属 Ag は 96 時間目で黄色に近いものが，240 時間で青色に近くなっていることがわかる．このように，腐食因子の蓄積量によって，各金属の変色状況が著しく異なるものといえる．

（４）紫外線試験

紫外線試験によるセンサー金属 Cu の経時変化を**図４**に示す．同図の横軸は経過時間を，縦軸は色差ΔE*ab を示す．同図より，時間経過と共に色差は増加し，500 時間程度で 35～40 の値に収斂することがわかる．

４．まとめ

腐食環境センサーTYPE-A の各種耐候性試験を行い，定期的に分光測色計にて色度や色差を計測することにより，次のことが明らかになった．

- 塩水噴霧試験により，センサー金属 Mg は特徴的な明度と色度変化を受ける．
- 亜硫酸ガス試験におけるセンサー金属 Ag の色変化は著しく，黄色から青色系に変色している．
- 紫外線試験により，センサー金属 Cu の色差が経時的に変化する．

【参考文献】 1）川口，大垣，高島，梅田，上野，阿部，岩崎：金属の変色を利用した鋼構造物の腐食因子特定に関する研究，土木学会第 59 回年次学術講演会，I-100,2004.9　2）阿部，川口，大垣，梅田，上野，高島，岩崎：腐食環境センサーを用いた腐食環境の定量化と鋼橋への適用，土木学会第 59 回年次学術講演会，I-128,2004.9　3）L*a*b*表色系：国際照明委員会（CIE）1976 規格化，JIS（JISZ8729）

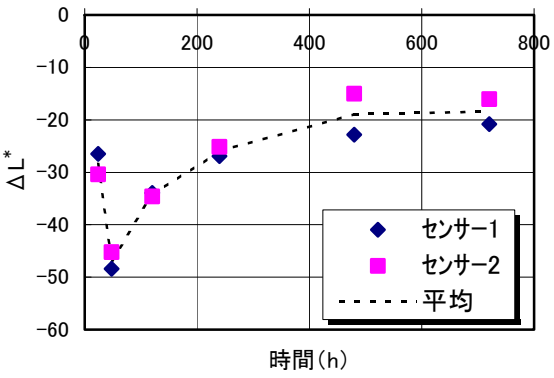

図2　塩水噴霧試験による Mg の明度変化ΔL*

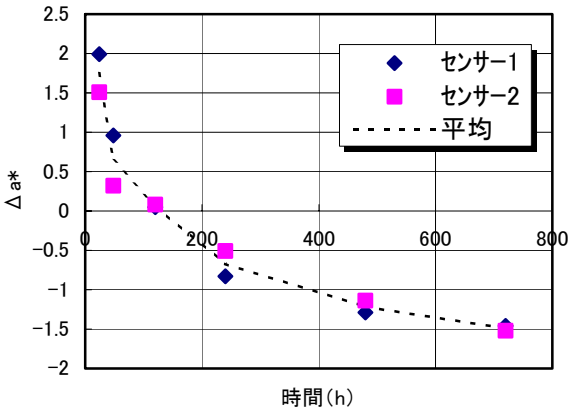

図3　塩水噴霧試験による Mg の色度変化Δa*

表2　亜硫酸ガス試験による変色

試験名	亜硫酸ガス腐食試験
時間	SO_2:1000ppm、80%RH、40℃
48 時間	
96 時間	
240 時間	

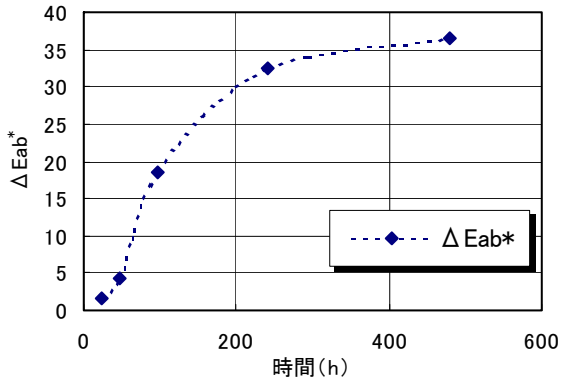

図4　紫外線試験による Cu の色差変化ΔEab*