

高反射高放射塗料の経時変化に伴う推定反射率の算出式

「光線追跡法を用いた日射反射率計測データの解析」補足資料

07186 井原 智彦*

平成 15 年 6 月 10 日

1 推定反射率

今、塗料を導入した試験体表面の面積を $A[\text{m}^2]$ とする．このうち、汚染物質（大気汚染物質）が付着可能な面積は $A_D[\text{m}^2]$ であり、曝露時間 $t[\text{d}]$ を経て、実際に汚染物質が付着している面積は $A_d(t)[\text{m}^2]$ である．

塗料の反射率を $a_o[-]$ 、汚染物質の反射率を $a_d[-]$ とし、 t だけ曝露した後の反射率 $a(t)[-]$ について考える．

■記号 以下のように、記号を定める．

A : 塗料が導入された全面積 $[\text{m}^2]$

A_D : A のうち、汚染物質が付着可能な最大面積 $[\text{m}^2]$

$A_d(t)$: A のうち、汚染物質が付着した面積 $[\text{m}^2]$

a_o : 初期の反射率 $[-]$ ($a_o = 0.91$)

a_e : 最終的な反射率 $[-]$

a_d : 汚染物質の反射率 $[-]$

$a(t)$: 全面の反射率 $[-]$

Δa : 反射率劣化係数 $[-/\text{d}]$

t : 曝露時間 $[\text{d}]$

■数式の誘導 曝露 t 後の反射率 $a(t)$ は、塗料の部分と汚染物質の部分に分けて考えれば、次式により表せる．

$$a(t) = \frac{A - A_d(t)}{A} a_o + \frac{A_d(t)}{A} a_d \quad (1.1)$$

A_D を導入して、式 (1.1) を変形する．

$$\begin{aligned} a(t) &= \frac{A - A_d(t)}{A} a_o + \frac{A_d(t)}{A} a_d \\ &= \frac{A - A_D}{A} a_o + \frac{A_D - A_d(t)}{A} a_o + \frac{A_d(t)}{A} a_d \\ &= \frac{A - A_D}{A} a_o + \frac{A_D}{A} \left\{ a_o + \frac{A_d(t)}{A_D} (a_o - a_d) \right\} \end{aligned} \quad (1.2)$$

ここで、汚染物質が実際に付着している面積 $A_d(t)$ について考える．試験体表面の反射率は汚染物質が付着することによって低下する．つまり、実際に汚染物質が付着している面積を求めれば、反射率が算出される．

* 東京大学大学院工学系研究科地球システム工学専攻博士課程， E-mail ihara@globalenv.t.u-tokyo.ac.jp

ただし、汚染物質が既に付着した箇所に、さらに上から汚染物質が付着したとしても、 A_d は増大しない。 A_d が増大するのは、あくまでも、汚染物質が付着していない箇所に汚染物質が付着した場合に限られる。

このことを考えると、汚染物質が新たに付着する面積 dA_d/dt は、汚染物質が付着可能で、かつ汚染物質が未だ付着していない面積 $A_D - A_d$ に比例すると考えられる。数式として表すと、式 (1.3) となる。

$$\frac{dA_d}{dt} = k(A_D - A_d) \quad (1.3)$$

ここで、

k : 比例定数 [-/d]

式 (1.3) を解いて、

$$A_d(t) = A_D - k_2 \exp(-kt) \quad (1.4)$$

k_2 : 積分定数 [m^2]

$t = 0$ における初期値 $A_d(0) = 0$ を代入すると、積分定数 k_2 は消え、

$$A_d(t) = A_D \{1 - \exp(-kt)\} \quad (1.5)$$

が得られる。

式 (1.5) を式 (1.2) に代入する。

$$\begin{aligned} a(t) &= \frac{A - A_D}{A} a_o + \frac{A_D}{A} [a_o \{1 - \exp(-kt)\} (a_d - a_o)] \\ &= \frac{A - A_D}{A} a_o + \frac{A_D}{A} \{a_d + \exp(-kt)(a_o - a_d)\} \end{aligned} \quad (1.6)$$

ここで、

$$\frac{A - A_D}{A} a_o + \frac{A_D}{A} a_d = a_e \quad (1.7)$$

とおき、式 (1.6) に代入すると、

$$a(t) = a_e + \exp(-kt)(a_o - a_e) \quad (1.8)$$

が得られる。

つまり、 $a_e[-]$ は塗装面における最終的な反射率 ($t \rightarrow \infty$ における反射率)、 $k[-/d]$ は経時による反射率劣化係数と考えられる。