

# 蛍光剤からの蛍光に関する環境依存性の研究

中田 陽子

[指導教員：武庫川女子大学教授 瀬口 和義]

キーワード：蛍光，蛍光剤，環境依存性

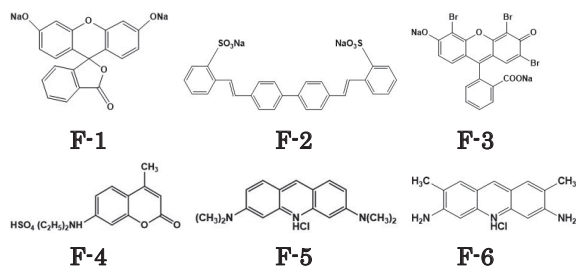
## 1. 研究の背景と目的

現在、蛍光剤を使用した商品は生活の中に溢れているがその中でも代表的な商品として蛍光ペンがある。蛍光ペンは、色鉛筆と比べると圧倒的に色のバリエーションが少ない。色が少ない理由として蛍光剤の種類が少ないことに加え、蛍光剤そのものの特性にあると考えた。そこで蛍光剤同士を混ぜてみたらどのようなようになるのだろうか、と疑問に感じ、蛍光がどのような環境で発光の有無が起きるのか、その原因は何なのかについて研究した。

## 2. 蛍光剤の濃度による影響

### 2-1 使用蛍光剤

蛍光剤はマイナスの電荷を持つ **F-1**、**F-2**、**F-3** とプラスの電荷を持つ **F-4**、**F-5**、**F-6** を用いた。



### 2-2 蛍光スペクトル及び蛍光強度の測定

初めに **F-1**  $6.5 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ 、**F-2**  $6.3 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ 、**F-3**  $6.5 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ 、**F-4**  $3.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ 、**F-5**  $6.9 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ 、**F-6**  $9.5 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$  の原液から **F-1** は 16.7, 20, 25, 50 倍希釈、**F-2** は 12.5, 16.7, 25, 50 倍希釈、**F-3** は 6.25, 8.4, 12.5, 25 倍希釈、**F-4** は 25, 33.4, 50, 100 倍希釈、**F-5** は 1.25, 2, 5, 10 倍希釈、**F-6** は 6.7, 10, 25, 50, 100 倍希釈の溶液をそれぞれ 10mL 作成し、蛍光分光光度計(HITACHI 650-10S)を用いて励起波長(EX)を定め、蛍光スペクトル及び蛍光強度を測定した。さらに蛍光波長(EM)を定め、同様の測定条件で励起スペクトルを測定した。

### 2-3 結果と考察

図 1 に **F-4** の励起・蛍光スペクトル、図 2 に **F-4** について蛍光強度と濃度との関係を示した。直線は濃度と蛍光強度との関係が直線的な比例関係があると見直した場合である。濃度を上げると蛍光強度は濃度に比例して大きくなっているが、比例関係は成立していない。このように蛍光剤によっては高濃度になると直線を外れ、蛍光強度が減少する場合はみられ

た。このことからある一定の濃度を超えると濃度消光という現象が起き始めていると考えられる。

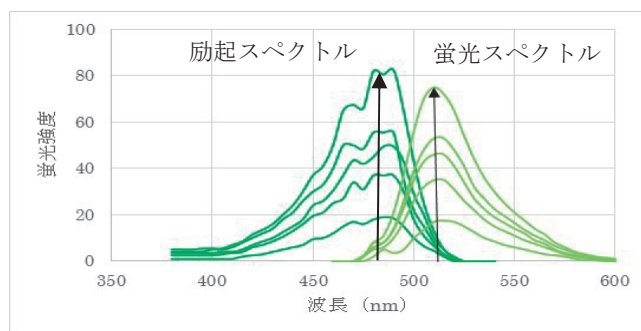


図 1 F-4 の励起・蛍光スペクトル

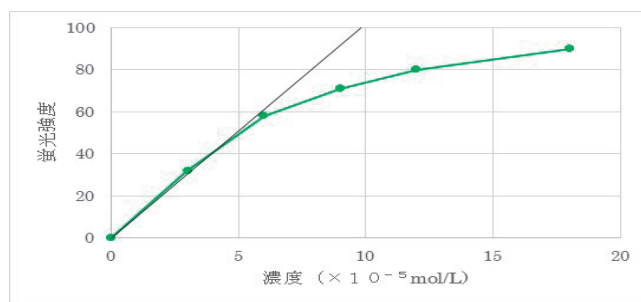


図 2 F-4 の濃度と蛍光強度の関係

## 3. 蛍光剤の混合系の蛍光特性

### 3-1 蛍光スペクトル及び蛍光強度の測定

蛍光剤は **F-1**~**F-6** を使用した。メスフラスコ 10mL を 4 本用意し、片方の蛍光剤は濃度を変化させ、2-2 と同様の方法で溶液を作成した。同じメスフラスコに先程とは別の蛍光剤で一定濃度の溶液を作成する。一定濃度の溶液は 2-3 の結果から蛍光強度が 50 付近だったものを選択した(**F-1c**~**F-6c**)。作成した混合液を、蛍光分光光度計を用いて励起波長(EX)を定め、蛍光スペクトル及び蛍光強度を測定した。蛍光スペクトルの測定条件は 2-2 と同様である。

### 3-2 蛍光強度の増加

混合した場合、蛍光強度が増加するものがあり、**F-1** と **F-5**、**F-1** と **F-6**、**F-5** と **F-6** を混ぜた場合がそれに対応する。**F-1**、**F-5**、**F-6** の最大励起波長(EX)と最大蛍光波長(EM)は以下の通りである。

**F-1** EX480nm→EM510nm, **F-5** EX470nm→EM525nm, **F-6** EX450nm→EM500nm。この 3 つの蛍光剤はそれぞれ EX、EM の波長に近いことから別の蛍光剤の混合系ではあ

るが、2つの蛍光強度が合わさったものが測定されている。この結果みかけ状増加したものと考えられる。

### 3-3 蛍光強度の減少

図3はF-2cにF-5を混合したときのF-2cの蛍光強度の変化を示したものである。このように混合により蛍光強度が減少するものがあった。F-2はマイナスの電荷をもつ蛍光剤でF-5はプラスの電荷をもつ蛍光剤ということから、蛍光剤を混合させたことで電氣的に互いの電荷が結合し2つの蛍光剤の強い相互作用により蛍光強度が減少したと考えられる。

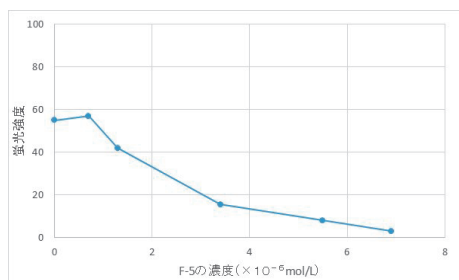
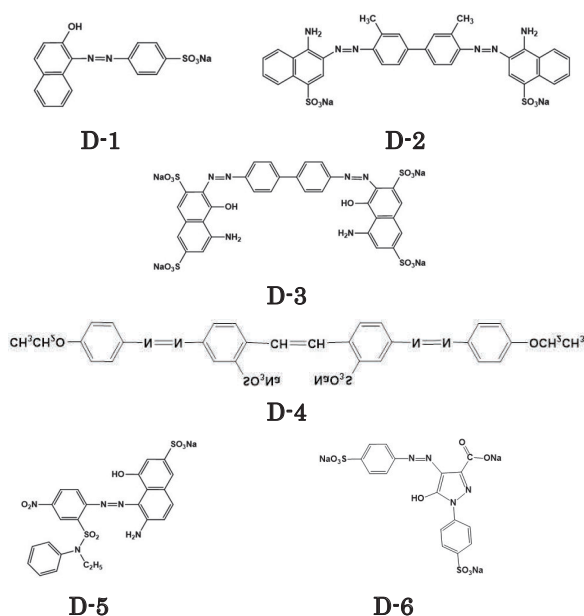


図3 F-2cにF-5を混合したときのF-2cの蛍光強度の変化

## 4. 蛍光剤と染料の混合による蛍光の影響

### 4-1 染料

染料は、マイナスの電荷をもつもの6種でD-1からD-6である。これらの染料溶液の吸収スペクトルを分光光度計で測定した。 $\lambda_{\max}$ は以下の通りである。D-1 485nm, D-2 350nm 500nm, D-3 300nm 580nm, D-4 395nm, D-5 565nm, D-6 427nm。



### 4-2 蛍光スペクトルと蛍光強度の測定

染料の $\lambda_{\max}$ が、蛍光剤の最大励起波長に近い染料、最大蛍光波長に近い染料、どちらも離れている染料の3つを選び測定した。染料の濃度を変化させて、一定濃度の蛍光剤を混合し、蛍光スペクトルと蛍光強度を測定した。

### 4-3 染料の吸収による消光

染料 $\lambda_{\max}$ が励起波長(EX)に近いものと蛍光波長(EM)に近いものは全ての組み合わせで蛍光の消光がみられた。これは染料の $\lambda_{\max}$ が励起波長に近い時は入射光、蛍光波長に近い時は蛍光を吸収してしまうため蛍光が出なくなったものと考えられる。

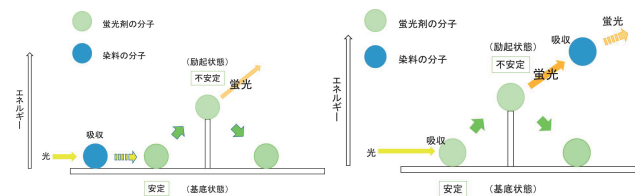


図4 消光の仕組み<sup>1)</sup>

### 4-4 異種電荷の結合による消光

染料の $\lambda_{\max}$ が蛍光剤の最大励起波長と最大蛍光波長から離れている染料と蛍光剤を混合したときには2つのタイプに分類することができた。プラスの電荷をもつ蛍光剤とマイナスの電荷をもつ染料を混合したときは蛍光強度が減少し、マイナスの電荷をもつ蛍光剤とマイナスの電荷をもつ染料を混合したときは蛍光強度に影響を与えないことが分かった。このことから、蛍光剤が持つプラスの電荷と染料の持つマイナスの電荷同士が結合して、強い相互作用による消光が起きていると考えた。

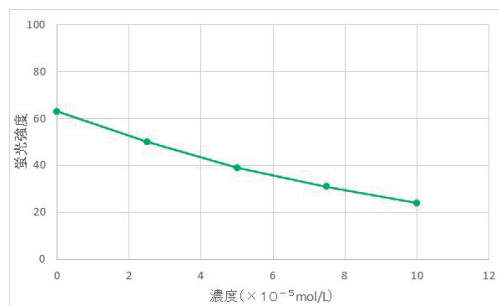


図5 D-3を混合したときのF-4の蛍光強度の変化

## 5. 結論

蛍光剤は濃度が濃くなると蛍光強度が大きくなる比例関係にあるが、高濃度になると蛍光強度が減少し、濃度消光が起きる。蛍光剤同士を混合させた場合、互いの励起波長が互いに近いと蛍光強度が増加する。蛍光剤が異種の電荷である場合、イオン結合して蛍光の消光となる。染料と蛍光剤を混合した場合異種の電荷が結びつくことで、染料と蛍光剤との相互作用により消光が起きる。染料の $\lambda_{\max}$ と蛍光剤のEX, EMに近いものを混合させた場合、染料が励起光または蛍光を吸収し蛍光の消光となる。

## 参考文献

- 1) 財団法人神奈川科学技術アカデミー科学書編集委員会編：くらべるシリーズ②どこが違うの？ホテルの光と蛍光灯，丸善(株)，p9, 1983