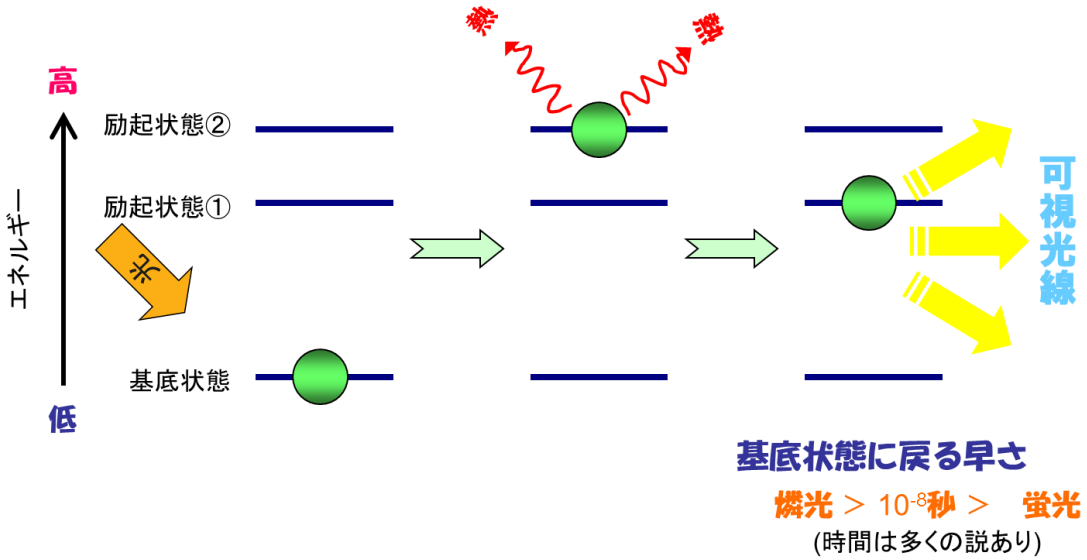
― 蛍光とは ―

蛍光には、光エネルギーを受け取り、それを再度放出する特性がある。この時、物体色に蛍光成分が加わることによって、非常に鮮明で明るい色彩を持つことが知られている。
光エネルギーを受け取る事を励起、再放出する事を放出といいその過程は非常に短く、一般的にはナノ秒オーダーの水準である。また、受け取った光エネルギーを再放出する際、受け取った光エネルギーより長い波長で再度放出することを特徴としている。

― 発光のしくみ ―

蛍光色素が光エネルギーを吸収すると、蛍光色素の電子は励起され、励起状態①から励起状態②に移動する。吸収された光エネルギーの一部は、蛍光色素内部構造に変化を与え熱の形で放出されるので、この状態は 1～10 ナノ秒程しか持続されない。その後、電子は緩和起電子一重項状態と呼ばれる低い安定なエネルギーレベルに落ちる。ここから基底状態に電子が戻るとき、「蛍光」として残りのエネルギーを光の形で放出する。この時知覚できる光を「蛍光」と呼んでいる。

「蛍光」として放出された光は、蛍光色素中にもともと投入されたものより少ないエネルギーとなるので、蛍光色素の発光波長は励起波長より常に長く、異なる色の光として現れる。この原理を下図に示す。

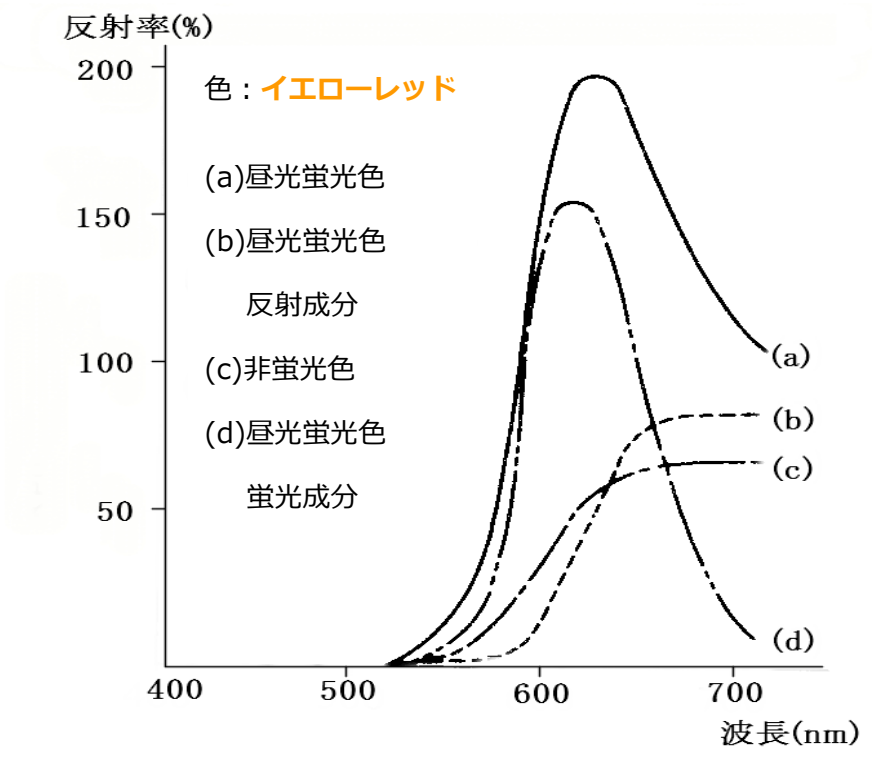


― 蛍光特性 ―

有機蛍光顔料の最大の特徴は、非常に鮮明で明るい色彩を持つことである。一般的に蛍光色と呼ばれている、この明るい色彩は有機蛍光顔料が持つ物体色に蛍光成分が加わることによって得られている。有機蛍光顔料は、昼光(太陽光)下で発光するため昼光蛍光とも呼ばれている。昼光のうち、紫外から可視短波長域、紫、青、緑の光によって励起されて蛍光を発する。

一例として、イエローレッドの有機蛍光顔料を塗料化して、白色板に塗った試料を標準光源下で、分光分布反射率を測定したものを下図に示す。620nm 付近の最大反射率は約 200%になり(a)、昼光下で見る蛍光塗膜の光輝性に対応する。この反射率は、蛍光成分を除いた純粋な反射成分(b)に、紫外から可視短波長域、紫、青、緑の光によって励起されて出る蛍光成分(d)が加わった結果得られる。比較例としてイエローレッドの非蛍光顔料(一般顔料)を塗料化して作成した試料は、入射光のうちイエローレッドに相当する波長を反射、それ以外の部分を吸収して熱エネルギーその他として放出するため、650nm 付近の最大反射率は約 70%で(c)蛍光色のおよそ 1/3 となり、蛍光色との光輝性の差がわかる。

イエローレッドの蛍光色と非蛍光色における見え方の違いを写真で示す。



蛍光色と一般色の見え方の違い

左：蛍光色　　右：一般色

― 蛍光ＪＩＳ―

以下に蛍光に関係するＪＩＳを抜粋。

1. JIS Z 9101 安全色及び安全標識―産業環境及び案内用安全標識のデザイン通則

1） この規格は ISO 3864-1 を翻訳し、技術的内容及び規格の様式を変更することなく作成した日本工業規格である。

2） この規格は、人への危害及び財物への損害を与える事故防止・防火、健康上有害な情報並びに緊急避難を目的として、産業環境及び案内用に使用する安全標識色並びにデザイン原則について規定する。この規格は、安全標識を含んでいる規格を開発する場合に適用する基本原則を定めている。この規格は、産業環境及びすべての場所並びに安全性に関する疑問が持ち出されるかもしれない場合のすべての領域に適用可能である。ただし、鉄道、道路、河川、海事、航空交通などの管制のために使用する信号には適用しない。また、これらの分野は、一般的にはそれぞれの法規に従う。

3） 蛍光の定義（fluorescence）
光励起されたエネルギー準位から、低い準位への直接遷移の結果として、一般にその励起後１０ns 以内に生じるフォトルミネッセンス（JIS Z 8113-04022:1998 参照）

4) 安全標識に求められる物理的必要条件は、主として中光下での色に関係する。色度座標及び輝度率βの測定は、JIS Z 8722 に規定する方法によらなければならない。蛍光材料の色度座標及び輝度率βの測定には、材料は JIS Z 8781 に規定するＣＩＥ測色用標準イルミナントＤ$_{65}$で代表される昼光で、試料表面の法線から４５°の方向から照明され、観測は法線方向からなされるものとする。

5) 安全標識に用いられる色の許容範囲は下表に示されたものでなければならない。これらの色度座標に合致しない色は、安全標識に用いてはならない。

6) 蛍光材料で、使用中にその色度座標が下表に示す限界外になった場合。

色	標準イルミナント D_{65} 及び CIE2° 標準観測者による許容色領域を規定する コーナーポイントの色度座標					輝度率β
		1	2	3	4	
赤	x	0.735	0.681	0.579	0.655	≧0.30
	y	0.265	0.239	0.341	0.345	
青	x	0.094	0.172	0.210	0.137	≧0.05
	y	0.125	0.198	0.160	0.038	
黄	x	0.545	0.494	0.444	0.481	≧0.80
	y	0.454	0.426	0.476	0.518	
緑	x	0.201	0.285	0.170	0.026	≧0.40
	y	0.776	0.441	0.364	0.399	
白	x	0.350	0.305	0.295	0.340	≧1.00
	y	0.360	0.315	0.325	0.370	
黒	x	0.385	0.300	0.260	0.345	—
	y	0.355	0.270	0.310	0.395	

2. JIS Z 9103 安全色―一般的事項

1) この規格は JIS Z 9101:2005（安全色及び安全標識―産業環境及び案内用安全標識のデザイン通則）に基づき、国内において安全標識、安全表示などに使用されている重要不可欠な色及び色材を加え、安全色を使用するときの具体的な事項を示したものである。

2) この規格は、人への危害及び財物への損害を与える事故・災害を防止し、事故・災害の発生などの緊急時に際し、救急救護、避難誘導、防火活動などの速やかな対応ができるように、安全に関する警告、指示、情報などを視覚的に伝達表示するために、安全標識及び安全マーキング並びにその他の対象物に一般材料、蛍光材料、再起反射体、透過色光、信号灯、りん光材料などの安全色を使用する場合の一般的事項について規定する。なお、安全色は、安全上必要な事項又は箇所を識別しやすくしようとするものであって、本来の事故・災害防止策の代用と考えてはならない。

3) 蛍光材料の定義（fluorescence material）
光励起されたエネルギー準位から、低い準位への直接遷移の結果として、一般にその励起後１０ns 以内に生じるフォトルミネッセンスを蛍光といい、蛍光を発する色材を蛍光材料という。

4) 蛍光材料の種類及び使用目的
安全色及び対比色が蛍光によって発光体のような光輝を放って知覚される色材。それは暗い建物内、煙、粉じんなどで視界が妨げられるような安全色を特に強調する必要がある場所に重点的に使用する。

5) 対比色の定義（constrast colour）
図記号、文字、地色などに用いて、安全色を引き立たせる効果を持つ無彩色。

6) 蛍光材料の安全色及び対比色

	安全色	対比色
蛍光材料	赤、黄赤、黄、緑、青、赤紫	白

7) 安全色及び対比色の意味は下表のとおりとする。

色の区分	意味	使用箇所及び使用例
赤 （安全色）	防火	消火器、非常用電話などを示す防火標識、同様の防火警標、配管系識別、の消火表示 防火設備の位置を表示する安全マーキング 消火器、消火栓、消火バケツ、火災報知機の塗色
	禁止	禁煙、立入禁止などの禁止標識、同様の禁止警標 禁止の位置を表示する安全マーキング（立入禁止のバリケード） 禁止信号旗（海水浴場、スケート場）
	停止	禽獣停止のボタン、停止信号旗
黄赤 （安全色）	危険	スイッチボックスの内ふた（蓋）、機会の安全カバーの内面 救命いかだ、救命具、救命ブイ、水路標識、船舶けい（繋）留ブイ
	明示 （航海、航空の保安施設）	飛行場救急車、燃料車
黄 （安全色）	警告	高電圧危険、爆発物注意などの警告標識、火薬及び発破、感電注意などの警告警標、配管系識別の警告表示 クレーン、構内車両のバンパ、低いはり、衝突の恐れがある柱、床上の突出物、床面の端、ピットの縁、ホッパの周囲及び階段の踏面の縁、つ（吊）り足場、電線の防護具 踏切諸施設の踏切注意さく、踏切遮断機、踏切警報機
	明示	駅舎、改札口、ホームなどの出口表示
緑 （安全色）	安全状態	安全旗及び安全指導標識 労働衛生旗及び衛生指導標識 保護具箱（ケース）、担架、救急箱、救護室の位置及び方向を示す標識並びに警標 非常口の位置及び方向を示す標識、広域避難場所標識 鉱山の回避所、坑口、特免区域の位置及び方向を示す警標 安全状態を表示する安全マーキング
	進行	進行信号旗
青 （安全色）	指示	保護めがね着用、修理中などを示す指示標識 指示を表示する安全マーキング
	誘導	駐車場の位置及び方向を示す透過色光による誘導標識
赤紫 （安全色）	放射能	放射能標識、放射能警標 放射能に関係するマーキング
白 （対比色）	通路	通路の区画線及び方向線並びに誘導標識 安全標識、警標などの地色、図記号 安全マーキング

8) 安全色及び対比色の色の指定は下表のとおりとする。

色	JIS Z ８７１７によって測定し、D_{65}に対する*XYZ*色系における色度座標及び輝度率。色度座標範囲のコーナーポイントを表す。					輝度率β	基準色		
		1	2	3	4		色度座標		輝度率β
赤	x	0.735	0.681	0.579	0.655	≧0.30	x	0.660	0.39
	y	0.265	0.239	0.341	0.345		y	0.323	
黄赤	x	0.603	0.538	0.508	0.563	≧0.55	x	0.582	0.57
	y	0.397	0.382	0.412	0.436		y	0.403	
黄	x	0.545	0.494	0.444	0.481	≧0.80	x	0.500	0.94
	y	0.454	0.426	0.476	0.518		y	0.486	
緑	x	0.201	0.285	0.170	0.026	≧0.25	x	0.228	0.28
	y	0.776	0.441	0.364	0.399		y	0.609	
青	x	0.094	0.172	0.210	0.137	≧0.07	x	0.167	0.10
	y	0.125	0.198	0.160	0.038		y	0.159	
赤紫	x	0.358	0.330	0.388	0.506	≧0.03	x	0.402	0.04
	y	0.090	0.236	0.263	0.158		y	0.143	
白	x	0.350	0.305	0.295	0.340	≧0.75	x	0.302	0.83
	y	0.360	0.315	0.325	0.370		y	0.319	

― 使用例 ―

蛍光顔料の特性は使用する蛍光染料の種類、基体樹脂の種類と組成、配合と製法、染色方法により異なり、用途に応じて選択される。下表に代表例を示す。
塗料、マーキングフィルム、繊維の捺染・浸染、印刷インキ、プラスチック(オレフィン系、PVC など)の着色、紙コーティング、文具など広い分野で使われている。またはじめに述べたように、蛍光顔料の光輝性は短波長のエネルギーを長波長の光に変換する特性に起因しており、その機能性を利用する分野にも浸透している。

表○―有機蛍光顔料の用途と適用されるタイプ

用途	顔料	必要となる物性
水性塗料	パウダー、水分散	耐光性
油性塗料	パウダー	耐光性、耐溶剤性
マーキングフィルム	パウダー	耐光性、耐溶剤性
繊維	パウダー、水分散	洗濯堅牢度
プラスチック	パウダー	耐熱性
印刷	パウダー インキベース（ワニス分散）	濃度、印刷特性
文具	水分散（超微粒子）	濃度、筆記性
紙コーティング	パウダー、水分散	濃度、コーティング特性
アルミ蒸着フィルムコーティング	パウダー（溶解）	濃度、コーティング特性
深傷剤、追跡マーカー	パウダー	蛍光強度、蛍光波長
偽装防止	水分散	インビジブル
色光変換	パウダー	蛍光波長

塗料、マーキングフィルム

蛍光塗料は、優れた鮮明性により広い分野で使用されてきているが隠蔽性に欠けるため、下地を白色にすること、また屋外使用の場合は耐光性を考慮した塗装仕様にするなど、その特徴を生かすため塗装工程を考慮する必要がある。このため、被塗物によっては、蛍光マーキングフィルムが使用される場合もあるが、複雑な構造物や凸凹のある被塗物では塗料の用途が多い。水性塗料にはパウダーまたは水分散タイプ、油性塗料、マーキングフィルム(塗料をフィルム化したもの)にはパウダータイプの蛍光顔料が使用されている。
蛍光塗料、蛍光マーキングフィルムは宣伝広告の装飾看板や釣り具、また安全防災分野では標識や配管識別、計器の指針などに使用されている。

高速道路先端障壁

安全帯フック

繊　維

蛍光顔料は繊維類の染色加工で主として捺染(プリント)と浸染に使われてきた。捺染は蛍光顔料をバインダーと呼ばれる繊維用の接着性樹脂に分散させ、型抜きされたスクリーンを通して布地に刷り込む部分着色法で、木綿をはじめ天然繊維から合成繊維までに適用される。アミノ樹脂系パウダータイプやアクリル樹脂系水分散タイプの蛍光顔料が多く使われる。
浸染は蛍光顔料水分散液にバインダー他添加剤を入れてパディング液を作成し、この液に布地を浸漬、絞り、乾燥、熱処理を施す工程を経て布地全体を蛍光色に着色する方法である。

Ｔシャツ

捺染、浸染加工は無機系蛍光(体)顔料にも適用できるが、一般的には昼光下での色彩がなく、紫外線ランプを使って発光させなければならないことなどから、有機蛍光顔料より用途がさらに特殊になり使用実績は比較的少ない。

プラスチック

成型用プラスチックの着色にも蛍光顔料は使われてきた。成型物は玩具、雑貨、レジャー用品、標識などである。蛍光アンダーラインマーカーや蛍光ボールペンのキャップなど文具の部品にも普及している。

成形材料としてはポリエチレン、ポリプロピレン等のオレフィン系プラスチックやPVC(ポリ塩化ビニル樹脂)があり、使用される蛍光顔料も溶融タイプ、分散タイプがある。成形条件による耐熱性や成形物のマイグレーション(色移行性)などに注意して蛍光顔料を選択する必要がある。

プラスチック成型品

印　刷

雑誌の表紙や屋内ポスター、列車内の吊り広告、カレンダー、パッケージなど人目を引いたり美観を必要とする印刷物に広く使われている。

各印刷方式で使用する蛍光顔料の種類は異なり、色相、濃度、粒子径、耐溶剤性などの品質特性で使い分ける。

環境対応ということで使用する溶剤の脂肪族(AF ： アロマフリー)化、大豆油系ワニス化、低VOC、ゼロ VOC などに取り組んできている。

印刷広告物

蛍光顔料もインキ用としてホルムアルデヒドフリーが開発されつつある。また、平版(オフセット)を除き、油性、水性インキがあり全体として水性化の傾向にある。

文具(筆記具)

蛍光顔料は従来より文具のクレパス、クレヨン、絵の具や色鉛筆などに使用されてきた。1990年代になりアンダーラインマーカー(フエルトチップペン)やボールペンに使われ始めて現在に至っている。蛍光マーカー、ボールペンは水性インキへ移行してきている。

アンダーラインマーカー

顔料分散タイプの水性インキで使用される蛍光顔料は、粒子径制御や分散安定性などの高い水準の品質が必要である。

紙コーティング、内添着色およびアルミ蒸着フィルムコーティング

商店、たとえば量販店の商品に添付されるプライスカード、屋内に貼られる大型のポスター、折り紙やデパートなどのショッピングバッグなどに蛍光色が使われている。これらは製紙会社が蛍光顔料を使って板紙にコーティングしたり、紙の抄造工程で蛍光顔料を添加して製造される。

付箋紙

また装飾に使われるメタリック調のフィルムや金糸、銀糸の一部は、アルミ蒸着フィルムに蛍光顔料のコーティング液を塗工して製造されている。たとえばアルミの蒸着面に蛍光顔料オレンジを溶解させたカラークリヤーを塗ると、下地のアルミ面の反射を受けて金色に輝くフィルムに仕上がる。

探傷剤、追跡マーカー

蛍光顔料が紫外線ランプで発光する性質を利用して、金属加工時に発生する微小な傷に蛍光顔料分散液をしみこませるたり、磁粉に蛍光顔料を付着させて金属面にまき、表面を拭き取ったあとに紫外線ランプで発光させて傷の有無、あるいは場所を確認する探傷剤がある。

(製品画像を貼付)

流砂調査と呼ばれる追跡調査として、砂利の軌跡を追跡する方法がある。これは河川上流や海岸線の砂利の一部に蛍光顔料を付着させ、その流れを使い調査する方法である。

蛍光顔料の配合された液を透明なプラスチックボールに充填して、郵便局、銀行、コンビニエンスストアなどのカウンターに置いておき、犯罪発生時に犯人へ投げつけて衣服等に蛍光液を付着させ、追跡の目印や犯罪の証拠資料、防犯に利用されている。

偽造防止

昼光下では無色または透明で紫外線ランプで発光するインビジブルタイプの有機蛍光顔料がある。インビジブルタイプの有機蛍光顔料は無機蛍光体と比較し耐光性は劣るが、超微粒子タイプでありコスト的にも有利であることから、アミューズメント会場で一時出場する際、手に押されるスタンプ、化粧品の包装材、入場券、あるいは郵便物の区分などで活用されている。

色光変換

蛍光顔料の励起波長は紫外域から可視光線の短波長域(440 紫～550 緑 nm)まであり、黄色から赤色の蛍光を発する。この性質を利用して短波長の色光を長波長側にシフト(変換)させることができる。
たとえば、EL(Electro Luminescence)の青緑色発光デバイスに蛍光顔料で作成した淡橙色のフィルターをかけると青緑色光が励起光として働き、その光の大部分が橙色光に変換されて発光する。この橙色光と青緑色光が加色混合することにより白色に見えるようになる。この色光変換は種々の OA 機器、駅、空港などの広告、案内板などに使われている EL ディスプレイや LED(Light Emitting Diode)、LCD(Liquid Crystal Display)のバックライト等に応用されている。