「光る」の一語が隠しているのは、一億倍の時間差である

— 蛍光の寿命 10 ns に対し燐光は 1 s で、比は 1.000000×10^{8} である — 分離子は、スピンの向きが変わるかである — [論文668]

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)
Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan｜山岸勇輝ラボ
2026年9月

— From thinking to syncing. —

要旨

蛍光も燐光も「光る」と呼ばれる。だが二つの間には、寿命で一億倍の隔たりがある。その一つの差が、明るさ、消えやすさ、温度や酸素への弱さのすべてに、どう響くかを数える。新しい定理も法則も主張しない。 第一に、隔たりは寿命にある——蛍光の寿命 10 ns に対し、燐光は 1 s で、比は 1.000000×10^{8} である（第2節）。 第二に、これが本稿の芯である。同じ数の分子でも、出はじめの明るさが一億倍違う——10^{18} 個が一度に励起されたとき、出はじめの光子の出る速さは蛍光で毎秒 1.000000×10^{26} 個、燐光で毎秒 1.000000×10^{18} 個だった。総数は同じでも、配られ方が違う（第2節）。 第三に、最初の 1 秒で出る割合も違う——蛍光はほぼ全部（1.000000×10^{18} 個）が出るのに対し、燐光は 6.321206×10^{17} 個、割合にして 0.632121 にとどまる（第2節）。 第四に、長い寿命は、邪魔に弱い——毎秒 1000 の無輻射失活を置くと、量子収率は蛍光で 0.999990 のままなのに、燐光では 0.000999 に落ちる（第3節）。 第五に、酸素と温度も、長い側だけを消す——溶けた酸素があると残る割合は蛍光 0.994431 に対し燐光 1.785711×10^{-6}、298 K では障壁 30 kJ/mol の失活で燐光の収率が 1.813085×10^{-7} になる（77 K ではほぼ 1）（第3節）。 第六に、分離子は、スピンの向きが変わるかである——向きが変わらない遷移は速く、変わる遷移は遅い。速さの差がそのまま、上の四つの違いを作っている（第4節）。 キーワード：蛍光、燐光、発光寿命、項間交差、量子収率、酸素消光。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——許容遷移と禁制遷移、蛍光と燐光の寿命の桁、量子収率の定義、酸素による消光、シュテルン＝フォルマーの関係は、いずれも既知である（ラコウィッツ 2006、タロら 2010）。速度定数を導出しない——項間交差や輻射の速度定数がどこから出るかは主題ではない。寿命を前提として置き、そこから先を数える。代表値を使う——寿命 10 ns と 1 s、無輻射失活 毎秒 1000、酸素の濃度と消光の速度定数、障壁 30 kJ/mol は代表値であり、特定の分子の測定値ではない。材料を設計しない——蓄光材料や有機 EL の設計、どの分子を選ぶかは主題ではない。ほかの発光を扱わない——熱活性化による遅延蛍光、三重項どうしの消滅、化学発光は入れない。既刊との関係：論文448 は、光子一個のエネルギーが結合を切れるかどうかを決めることを示し、射程注記で「反応機構を論じない——励起状態の寿命、項間交差、酸素の関与は主題ではない」と明記した——本稿はその席に座る。448 が入口（吸う側の一個のエネルギー）を数えたのに対し、ここでは出口（出る側の時間）を数える。加えたのは、寿命の比を明るさの比として出したこと、同じ邪魔が二つの収率に与える効きを並べたこと、酸素と温度が長い寿命の側だけを消すことを数にしたこと、分離子を「スピンの向きが変わるか」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：励起された分子が光を出す速さを k_r、光を出さずに戻る速さを k_{nr} とする。寿命と量子収率は次で書ける。

$$\tau = \frac{1}{k_r + k_{nr}}, \qquad \Phi = \frac{k_r}{k_r + k_{nr}}$$

蛍光ではスピンの向きが変わらないまま戻り、燐光では向きが変わった状態から戻る。後者は禁制で、k_r が小さい。

問い：「光る」という一語の下で、二つは何が違い、その違いはどこに現れるか。

2. 寿命が一億倍違うと、何が起きるか

計算 2.1：寿命から、速度定数と光り終わる時刻を出した。

	寿命	半分が光るまで	99 パーセントまで
蛍光	10 ns	6.931472×10^{-9} s	4.605170×10^{-8} s
燐光	1 s	6.931472×10^{-1} s	4.605170 s

比はどの行でも 1.000000×10^{8} である。

計算 2.2：同じ 10^{18} 個が一度に励起されたとして、出はじめの明るさと、最初の 1 秒で出る光子の数を出した。

	出はじめの明るさ（個毎秒）	最初の 1 秒で出る数
蛍光	1.000000×10^{26}	1.000000×10^{18} 個
燐光	1.000000×10^{18}	6.321206×10^{17} 個

燐光が最初の 1 秒で出す割合は 0.632121 で、残りは後に尾を引く。

> **観察 2.3**
>
> これが本稿の芯である。総数が同じでも、配られ方が違う。同じ数の分子が同じ数の光子を出すとしても、蛍光はそれを 10 ns に詰め込み、燐光は 1 s に薄く延ばす——だから蛍光は「一瞬だけまぶしく」、燐光は「暗いが暗闇で見える」ことになる。明るさと総量は別の量である。

3. 長い寿命は、邪魔に弱い

計算 3.1：光を出さずに戻る道（毎秒 1000）を置いたときの量子収率を出した。

	無輻射失活が無いとき	毎秒 1000 があるとき
蛍光	1	0.999990
燐光	1	0.000999

同じ大きさの邪魔が、片方をほとんど変えず、もう片方を三桁落とす。

計算 3.2：溶けた酸素（濃度 2.8×10^{-4} M・消光の速度定数 毎秒毎モル 2×10^{9}）があるときに残る割合は、蛍光 0.994431、燐光 1.785711×10^{-6} である。

計算 3.3：障壁 30 kJ/mol の無輻射過程を置くと、その速さは 77 K で毎秒 4.459015×10^{-9}、298 K で毎秒 5.515462×10^{6} になる。燐光の収率は 77 K でほぼ 1、298 K で 1.813085×10^{-7} に落ちる。蛍光は 298 K でも 0.947728 を保つ。

観察 3.4

弱さは、性質ではなく時間から出ている。燐光が酸素に弱いのも、温めると消えるのも、分子が特別に酸素と結び付きやすいからではない。待っている時間が一億倍長いので、その間に別の道を通る機会が一億倍多いというだけである——一つの時間の差が、三つの弱さとして現れる。

4. 分離子

観察 4.1

分離子は、スピンの向きが変わるかである。向きが変わらないまま戻る遷移は許容で速く、変わった状態から戻る遷移は禁制で遅い——「光る」という一語は、この一点で二つに分かれる。分けているのは色でも明るさでもなく、遷移が許されているかどうかである。

観察 4.2

論文448 と並べる。448 は、入ってくる光子一個のエネルギーが結合を切れるかどうかを決めることを示した（450 nm の光子は 265.8368 kJ/mol、550 nm は 217.5028 kJ/mol）——そこでは入口を数え、ここでは出口を数えた。同じ分子の話でありながら、効いている量はエネルギーではなく時間である。

観察 4.3

言わないこと。速度定数の起源は導出しておらず、寿命は代表値である。遅延蛍光も三重項どうしの消滅も扱っていない——示したのは、一つの時間の差が、明るさと弱さのすべてに同じ倍率で響くことである。

5. 点呼と結び

1. 寿命の比 **1.000000** × 10^{8}（計算 2.1）：**10 ns** 対 **1 s**。
2. 出はじめ 1.000000 × 10^{26} 対 1.000000 × 10^{18}（計算 2.2）：本稿の芯。
3. 最初の 1 秒で **0.632121**（計算 2.2）：燐光は尾を引く。
4. 蛍光の収率 **0.999990**（計算 3.1）：邪魔が効かない。

5. 燐光は **0.000999**（計算 3.1）：同じ邪魔で三桁。
6. 酸素で $\mathbf{1.785711 \times 10^{-6}}$（計算 3.2）：長い側だけ消える。
7. 蛍光は **0.994431** 残る（計算 3.2）：同じ酸素で。
8. **298 K** で $\mathbf{1.813085 \times 10^{-7}}$（計算 3.3）：**77 K** ではほぼ **1**。
9. 時間が弱さを作る（観察 3.4）：機会が一億倍。
10. スピンの向きが変わるか（観察 4.1）：分離子・論文448。

結び：蛍光と燐光は、どちらも「光る」と呼ばれる。だが寿命は **10 ns** と **1 s** で $\mathbf{1.000000 \times 10^{8}}$ 倍違い、同じ $\mathbf{10^{18}}$ 個を励起しても出はじめの明るさは $\mathbf{1.000000 \times 10^{26}}$ 対 $\mathbf{1.000000 \times 10^{18}}$ 個毎秒になる。長く待つ側は邪魔に弱く、同じ無輻射失活で収率は **0.999990** 対 **0.000999**、酸素があれば **0.994431** 対 $\mathbf{1.785711 \times 10^{-6}}$、**298 K** では $\mathbf{1.813085 \times 10^{-7}}$ まで落ちた——弱さは分子の性質ではなく、待っている時間の長さから出ている。分離子は、スピンの向きが変わるかである。既刊との位置——論文448 が入口（光子一個のエネルギー）を数えた席で、出口（出る側の時間）を数えた。正直に言えば——寿命も消光の定数も代表値であり、速度定数の起源は導出していない。

参考文献

1. Lakowicz, J. R. (2006). *Principles of Fluorescence Spectroscopy*. Springer.
2. Turro, N. J., Ramamurthy, V., & Scaiano, J. C. (2010). *Modern Molecular Photochemistry of Organic Molecules*. University Science Books.
3. 山岸勇輝 (2026).『赤い光をいくら当てても、青い光が切る結合は切れない』[論文448]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22732565

— From thinking to syncing. —

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)

© 2026 Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan · Licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)