化学第一（2）

大学院理工学研究科
物質科学専攻
理学部化学科兼担
教授　市村　禎二郎

マクロの視点・ミクロの視点

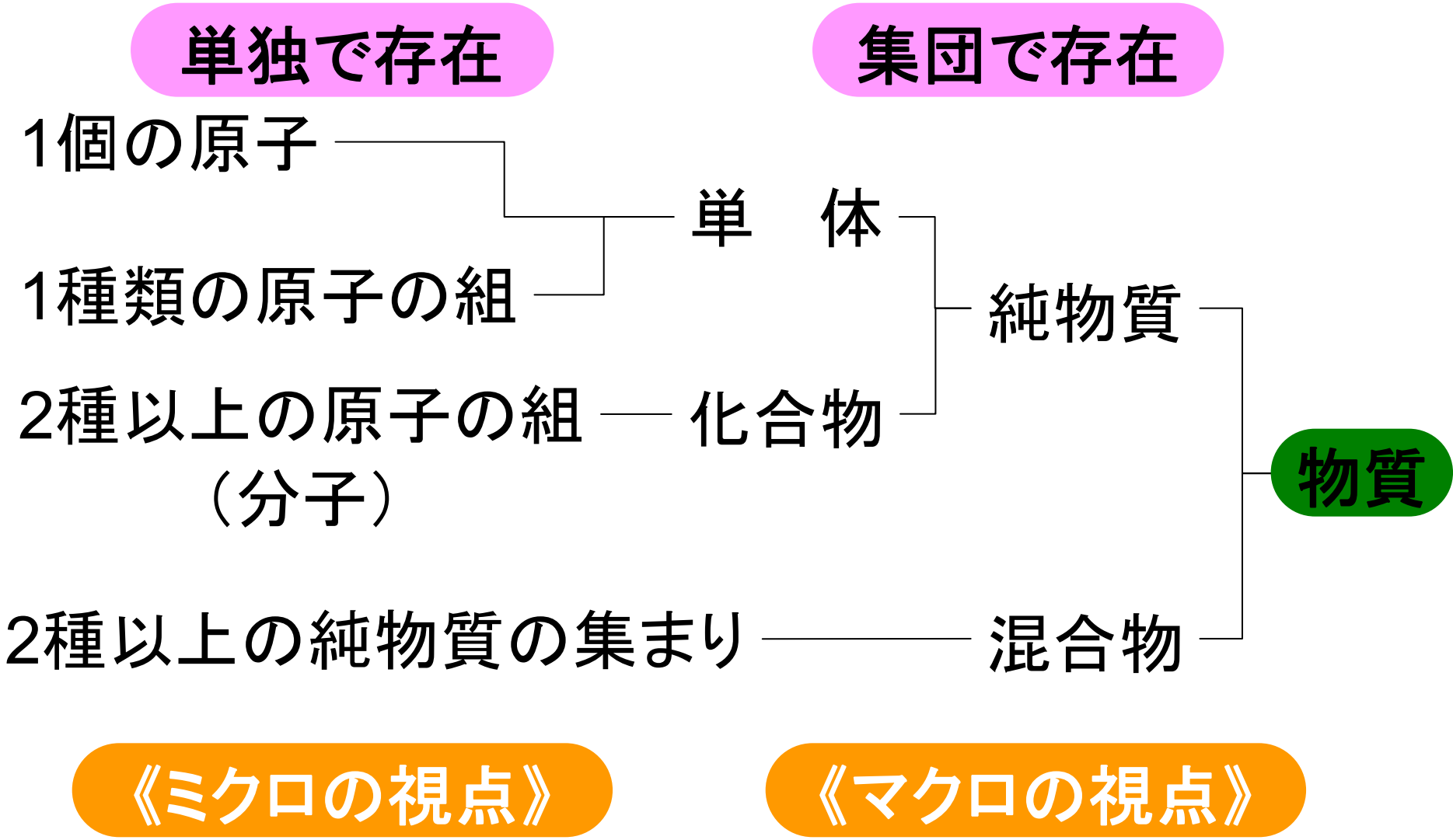
- マクロの系
  - 目に見える物質量
  - 集合体の化学的性質を扱う
  - ボルツマン分布

  →化学熱力学

- ミクロの系
  - 目に見えない超微粒子
  - 電子・原子・分子レベルで扱う

  →量子化学

物質の構成


単独で存在
集団で存在
1個の原子
1種類の原子の組
単　体
2種以上の原子の組
（分子）
化合物
純物質
物質
2種以上の純物質の集まり
混合物
《ミクロの視点》
《マクロの視点》

マクロとミクロの関係

モル	原子・分子
原子量	原子質量
分子量	分子質量
モル体積	分子体積（分子容）
モル濃度	分子濃度（数密度）
気体定数	ボルツマン定数
ファラデー定数	電気素量

自然と人間活動のかかわり

- 物質
- エネルギー
- 生命・環境

化合物

問：現在、知られている化合物は何種類あると思いますか？

1. 約80万種類
2. 約800万種類
3. 約2300万種類

正解　約2300万種類

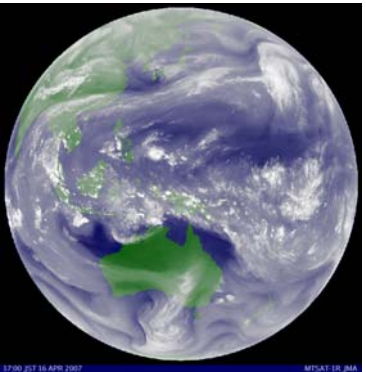
もっとも身近な物質

問題

身の回りで、一番多く存在している物質は何でしょう？

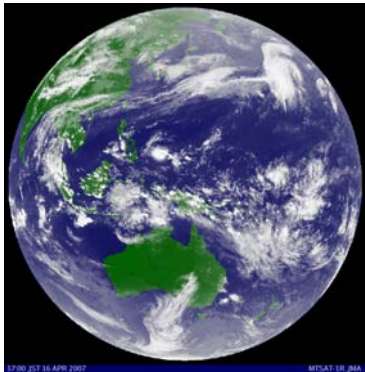
答え　　水

水蒸気



地球は水の惑星である
地表の70%は海水

赤外



問：水18gの中にある水分子の数は何個でしょう？

1．1億個

2．100億個

3．1兆個

4．それ以上

⇒　約 6×10^{23} 個（アボガドロ数）

アボガドロ数

6.0221367×10^{23} 個

これをアボガドロ数といいます

化学の世界ではこの数がとても大切なのです。

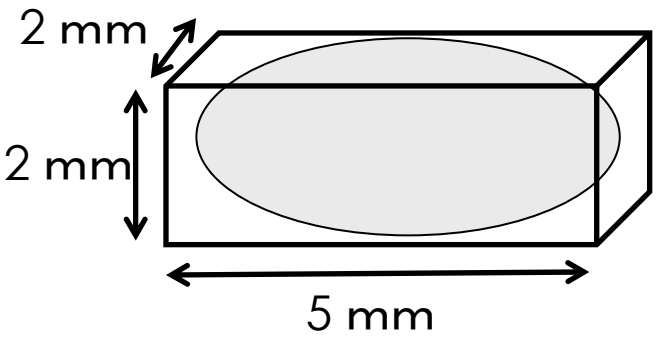
分子がアボガドロ数個集まった状態を

物質量、1モルといいます

アボガドロ数（約 6×10 ^{23} 個）の実感

問：6×10^{23}個の米粒を本州に敷き詰めたら、
その高さは何mになるでしょう?

米粒



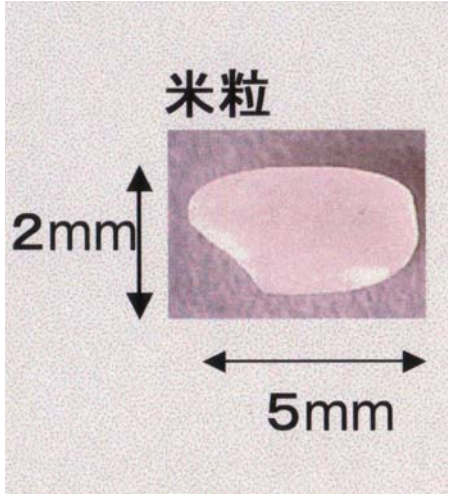
1. 333 m（東京タワー）
2. 3,776 m（富士山）
3. 10,000 m（飛行機）
4. 50,000 m（成層圏）

アボガドロ数の実感

$$\frac{\text{アボガドロ数}\times\text{1粒の米の体積}}{\text{本州の面積}}$$

$$=\frac{6\times10^{23}\times2\,\mathrm{mm}\times2\,\mathrm{mm}\times5\,\mathrm{mm}}{2{,}000\,\mathrm{km}\times120\,\mathrm{km}}=50{,}000\,\mathrm{m}$$

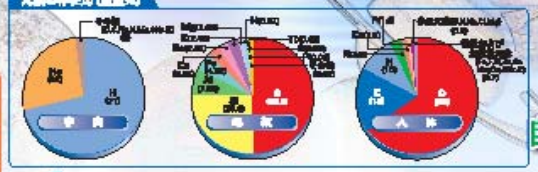
アボガドロ数の実感



元素周期表

Periodic Table of the Elements

自然も暮らしもすべて元素記号で書かれている

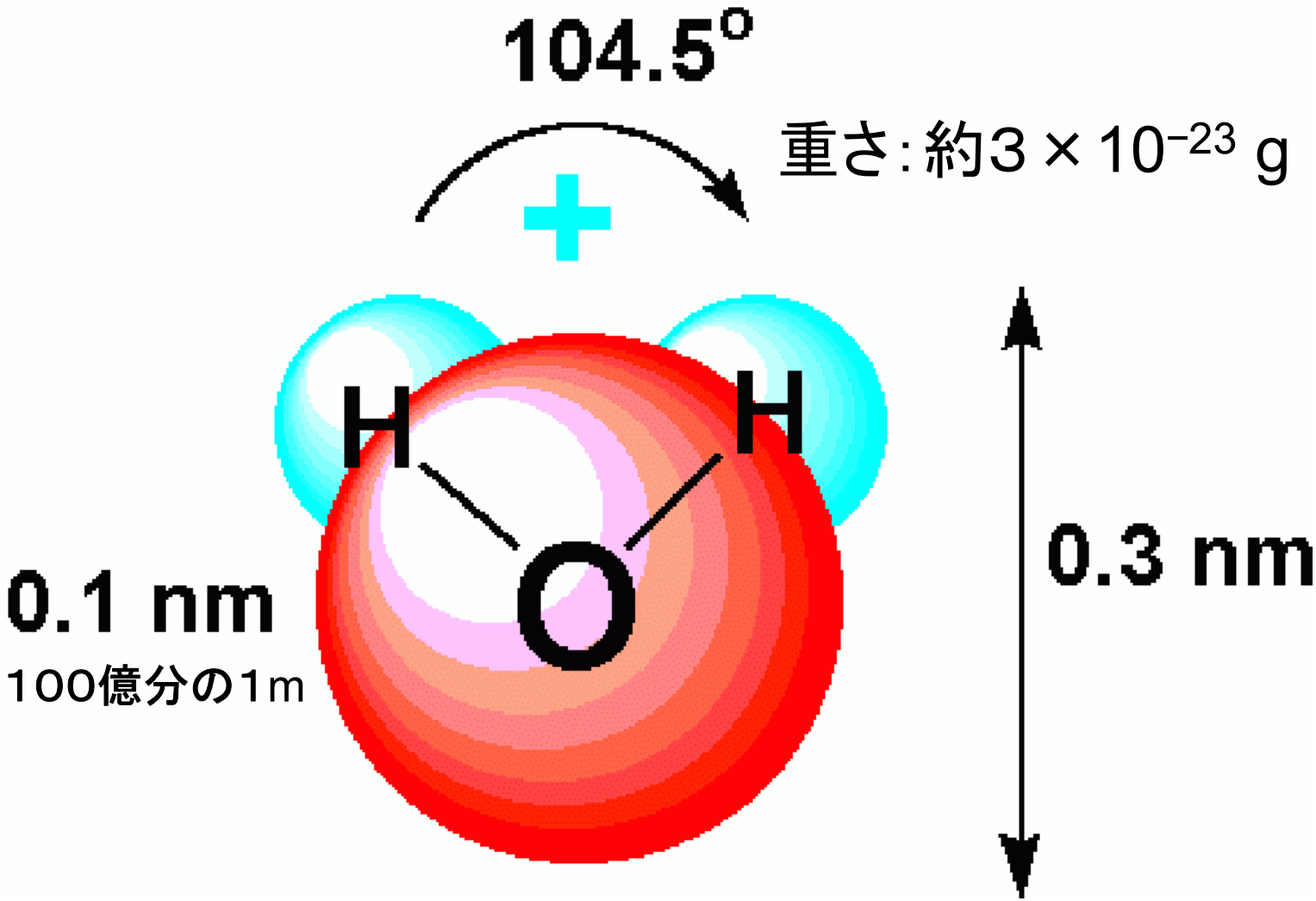


一家に1枚周期表

「一家に1枚周期表」第3版

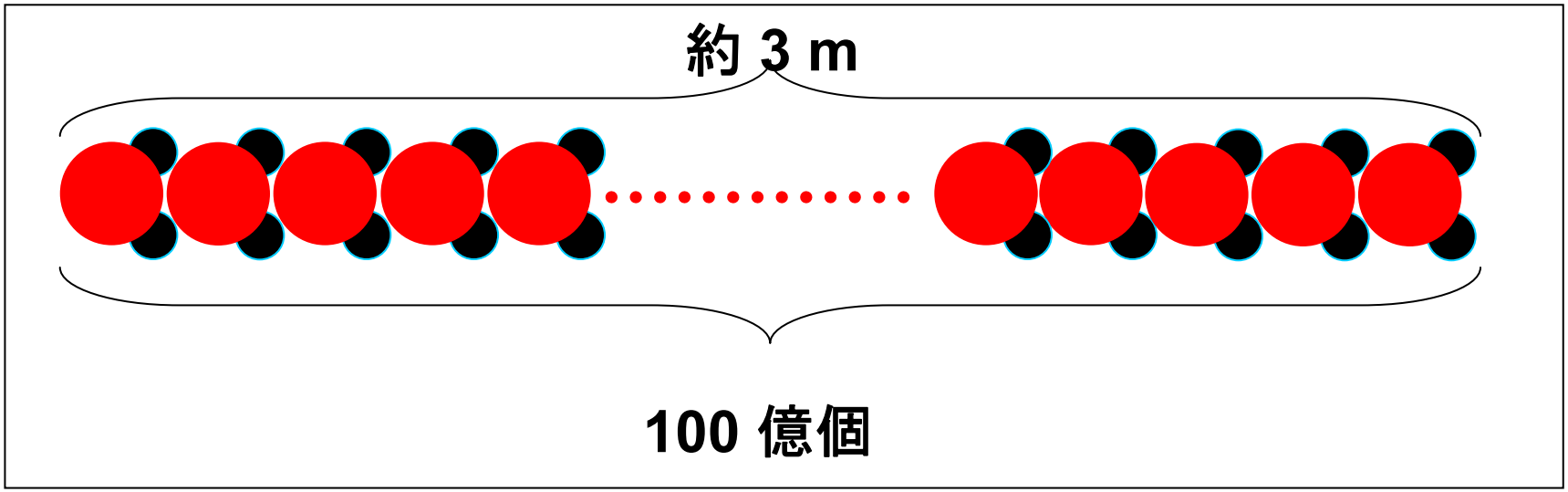
- http://www.mext.go.jp/a_menu/kagaku/week/shuki.htm

水分子



水分子

水分子の大きさを考えてみよう



このような大きさを表すとき

nm(ナノメートル)という単位を使います

1,000,000,000 nm = 1m

原子の大きさについての実感

問：**50cm四方のアルミ箔を何回折り曲げたらアルミニウム原子１個（0.13nm）の大きさになるでしょう？**
（この場合アルミ箔の厚さは無視します）

1. 約60回
2. 約600回
3. 約1000回

アルミニウム原子の大きさ

Al原子の大きさ：約0.13nm（＝1.3×10^{-10} m）

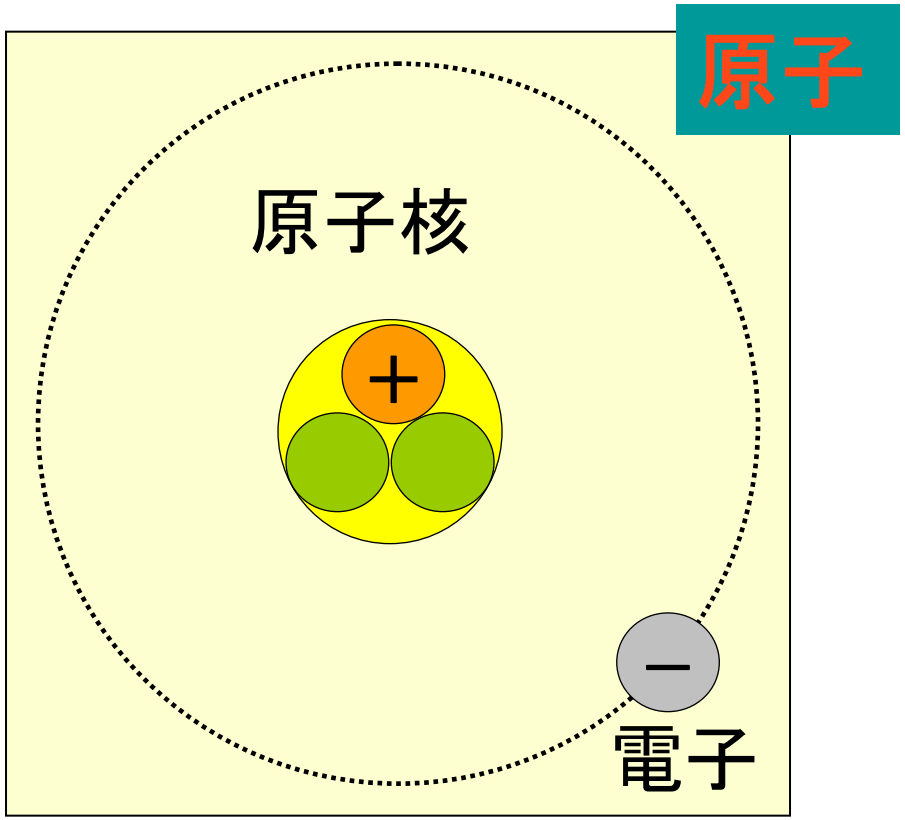
$0.5\text{m} / 2^{x} = 1.3 \times 10^{-10}\ \text{m}$

の方程式を解けば　$x \fallingdotseq 32$ となります。

しかし実際に折ってみればわかりますが、
正方形は2回折らないと1つの辺の長さが半分
にならないので、その倍の**64回が正解**です。

なお、Al原子を一列に並べることができるとしたら、
1.3mに100億個並ぶことになります。

原子の仕組み



原子核

・プラスの電荷を持っている

・原子の質量のほとんどを占めている

電子

・マイナスの電荷を持っている

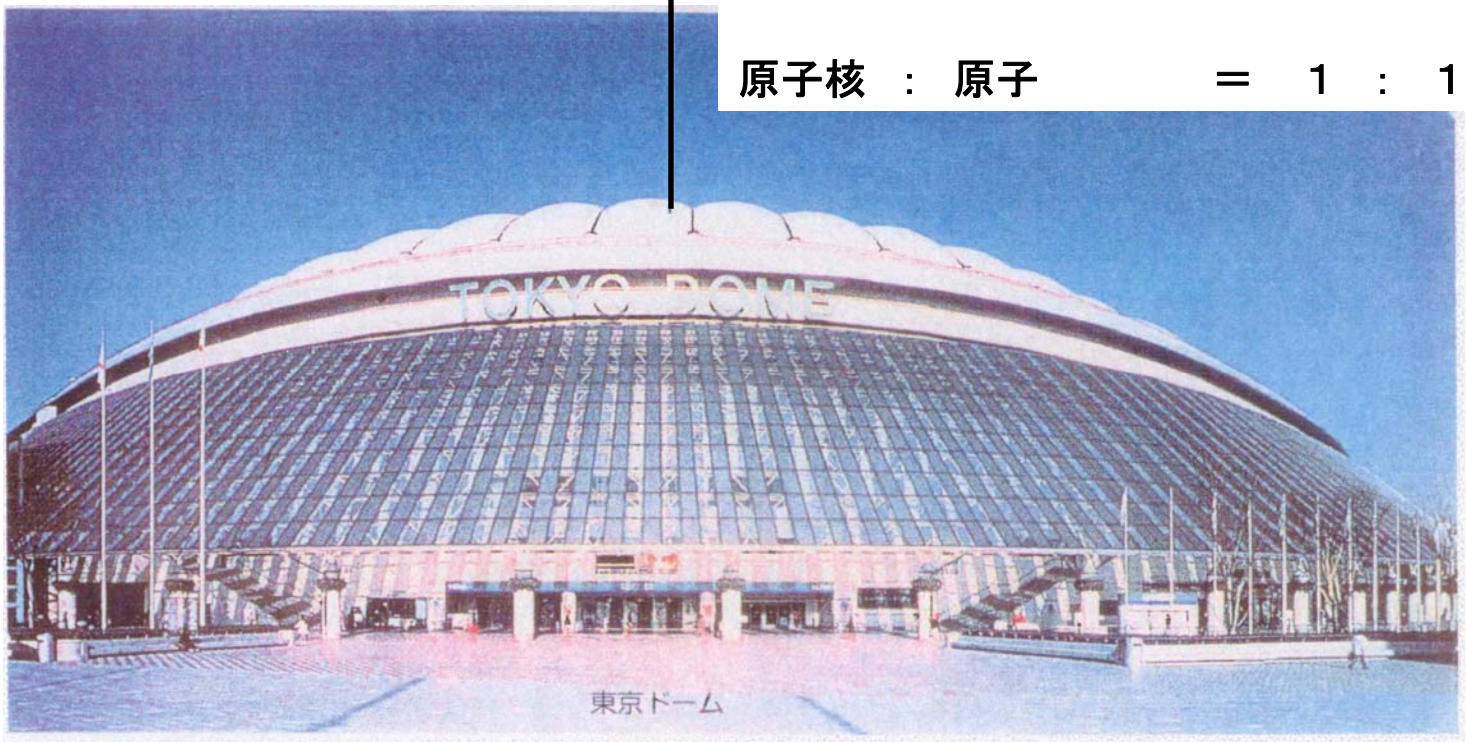
・原子核の周りを回っている

・スピン（磁性）を持つ

原子と原子核の比較

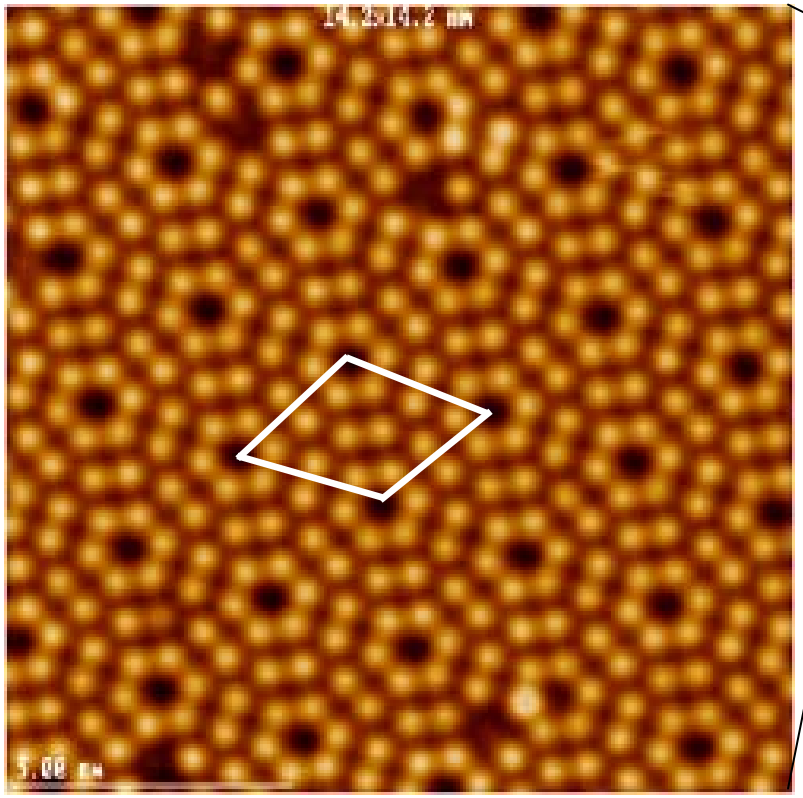
１円玉　：　東京ドーム　＝　１　：　１００００

原子核　：　原子　　＝　１　：　１００００



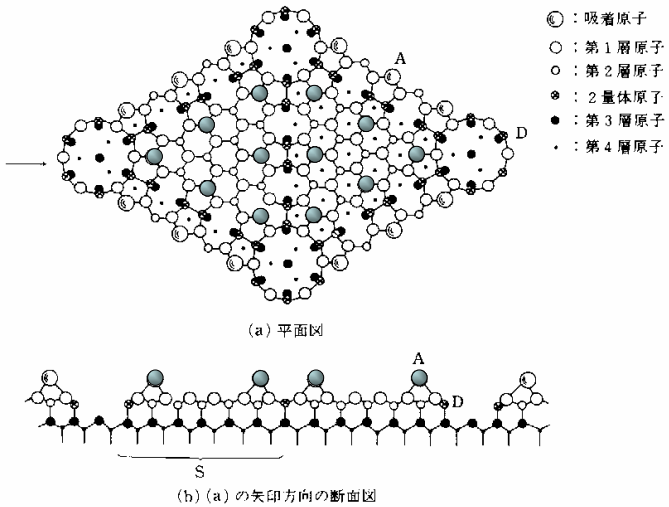
東京ドームを原子、一円玉を原子核にたとえたときの、大きさの比

原子1個を電子で観る



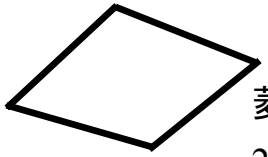
1×1 cm^2

750万倍



DAS model of Si(111)-7x7

STM image of Si(111)-7x7
14×14 nm^2, I_t=0.3 nA,
V_s=+2 V.



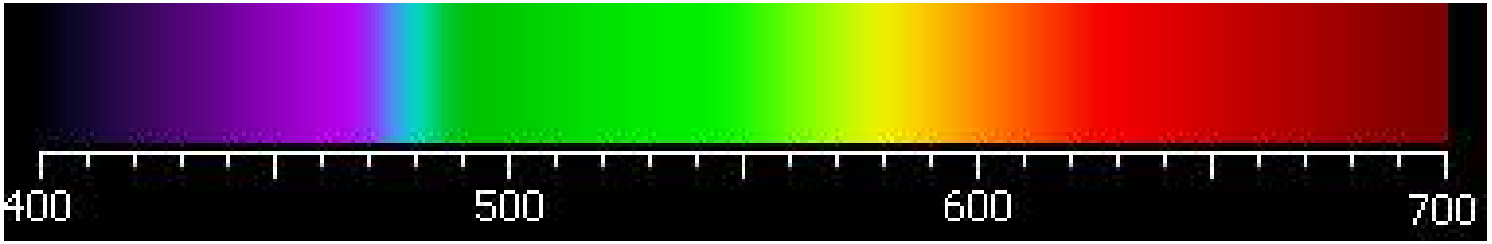
菱形の一辺
2.69 nm

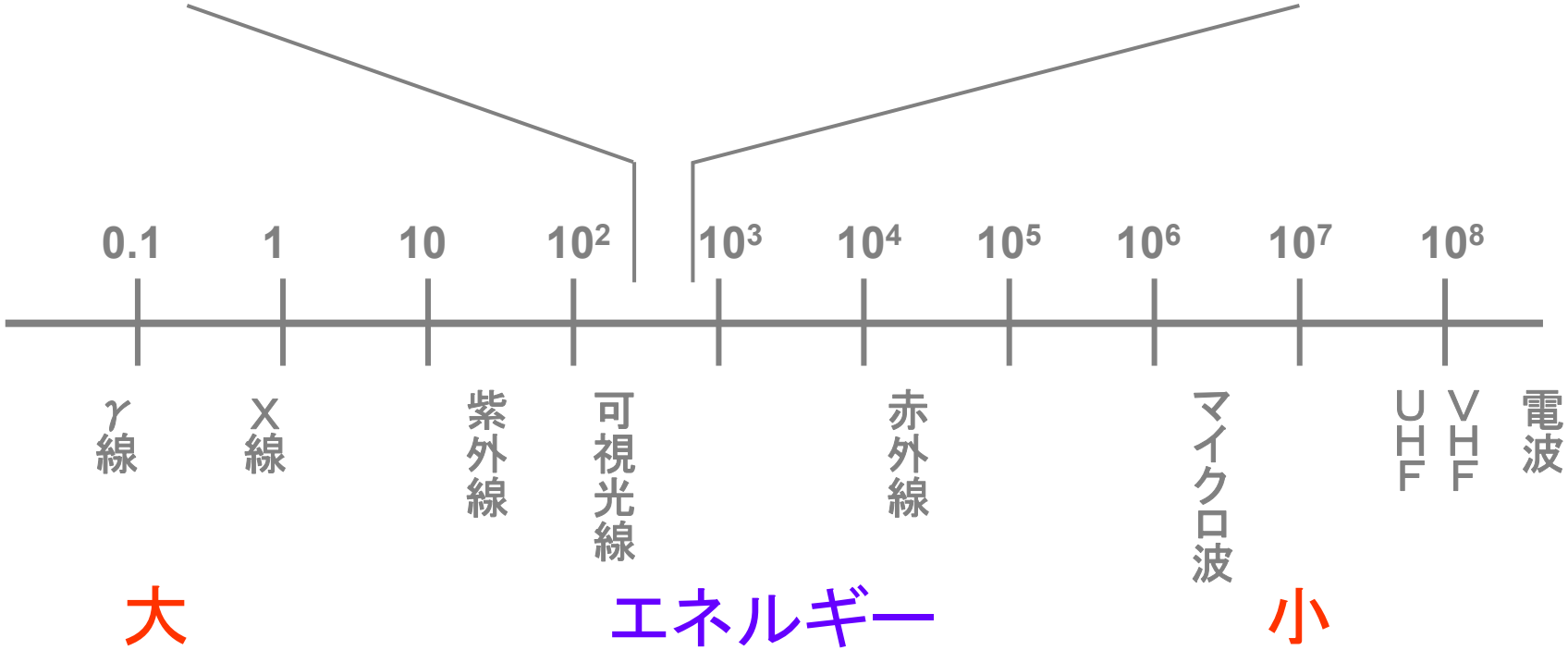
見えている原子の
最近接原子間距離
0.79 nm

Scanning Tunnel Microscope (STM) image
（走査トンネル顕微鏡像）

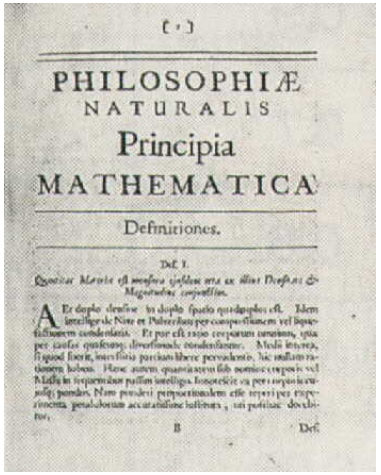
原子・分子を光で観る

光の波長と色





アイザック・ニュートン（1642～1727）



PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
Principia
MATHEMATICA

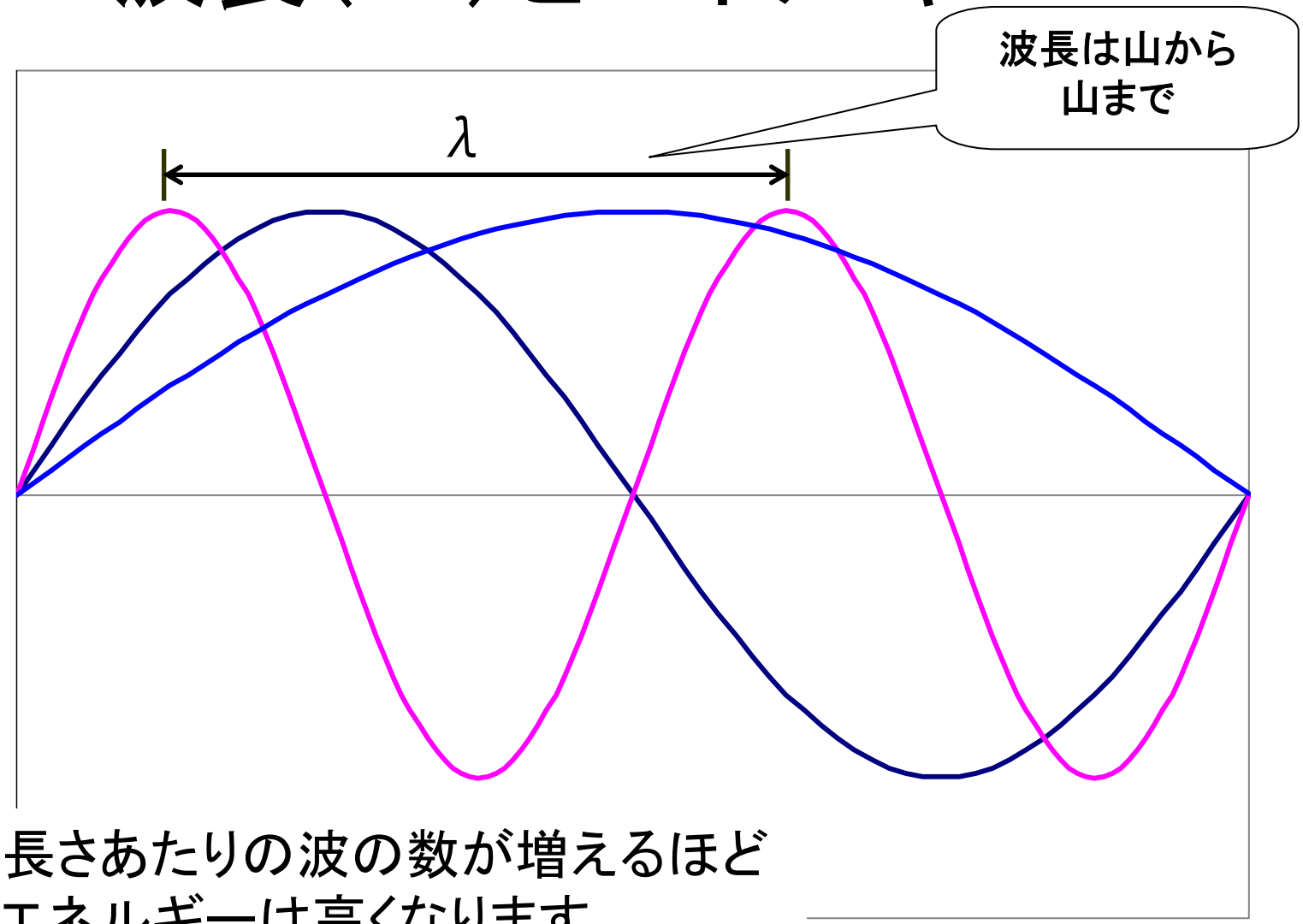
Definitiones.

プリンキピア
～自然哲学の数学的諸原理～
（1687年）

光学の研究成果で、1669年（27歳）に、ケンブリッジ大学教授。プリズムを用いて、太陽からの白色光を各色のスペクトルに分解（分光）した。

レンズの代わりに放物面鏡で集光する反射望遠鏡を開発した。

波長（λ）とエネルギー



単位長さあたりの波の数が増えるほど
そのエネルギーは高くなります

光のエネルギー

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = hc\tilde{\nu}$$

h : プランク定数

ν : 振動数 $\left[\mathrm{s}^{-1}\right]$

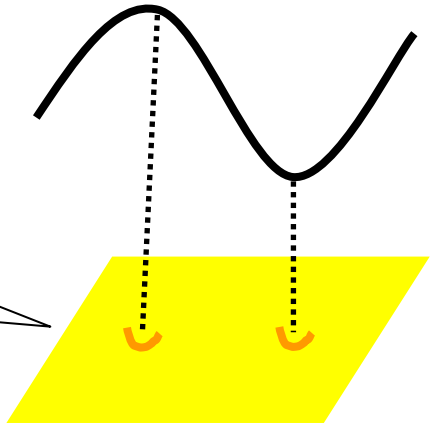
c : 光速 $\left[\mathrm{m/s}\right]$

$\tilde{\nu}$: 波数 $\left(=\frac{1}{\lambda}\right)\left[\mathrm{cm}^{-1}\right]$

電子レンジで光速を求めてみよう

光速 =波長×周波数

チーズに出来たくぼみは電子レンジから出るマイクロ波の波長の半分になっている



電子レンジの周波数がわかれば、光速が求められる！

2450×10^6Hz

約12cm
(12×10^{-2} m)を
かけると

➡ 3.0×10^8m/s

光の性質

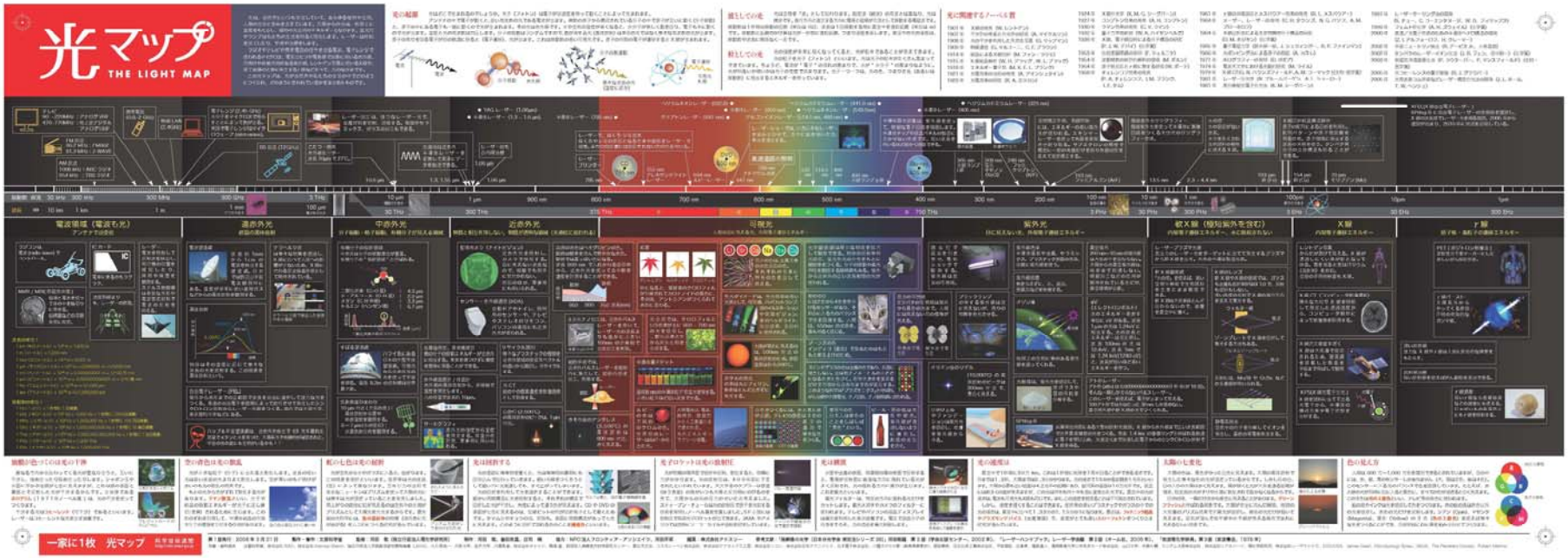
- 粒子性
  - 光（量）子（Photon）のエネルギー
  - 光の強さは光子の数
- 波動性
  - 偏光

光と物質の相互作用

- エネルギー準位

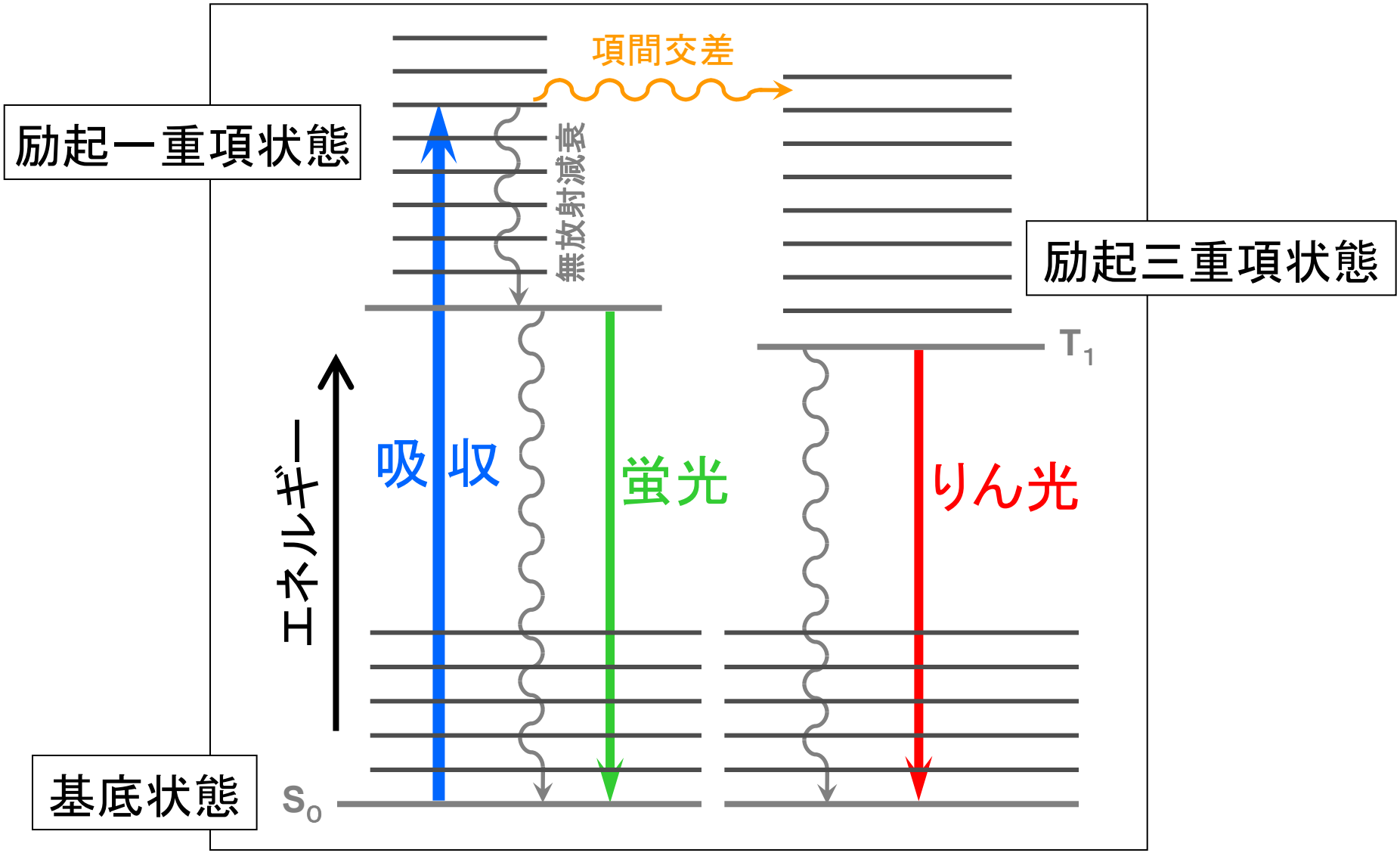
光マップ

- 科学技術週間　http://stw.mext.go.jp/
  - 一家に1枚光マップ http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/20/04/08040301.htm



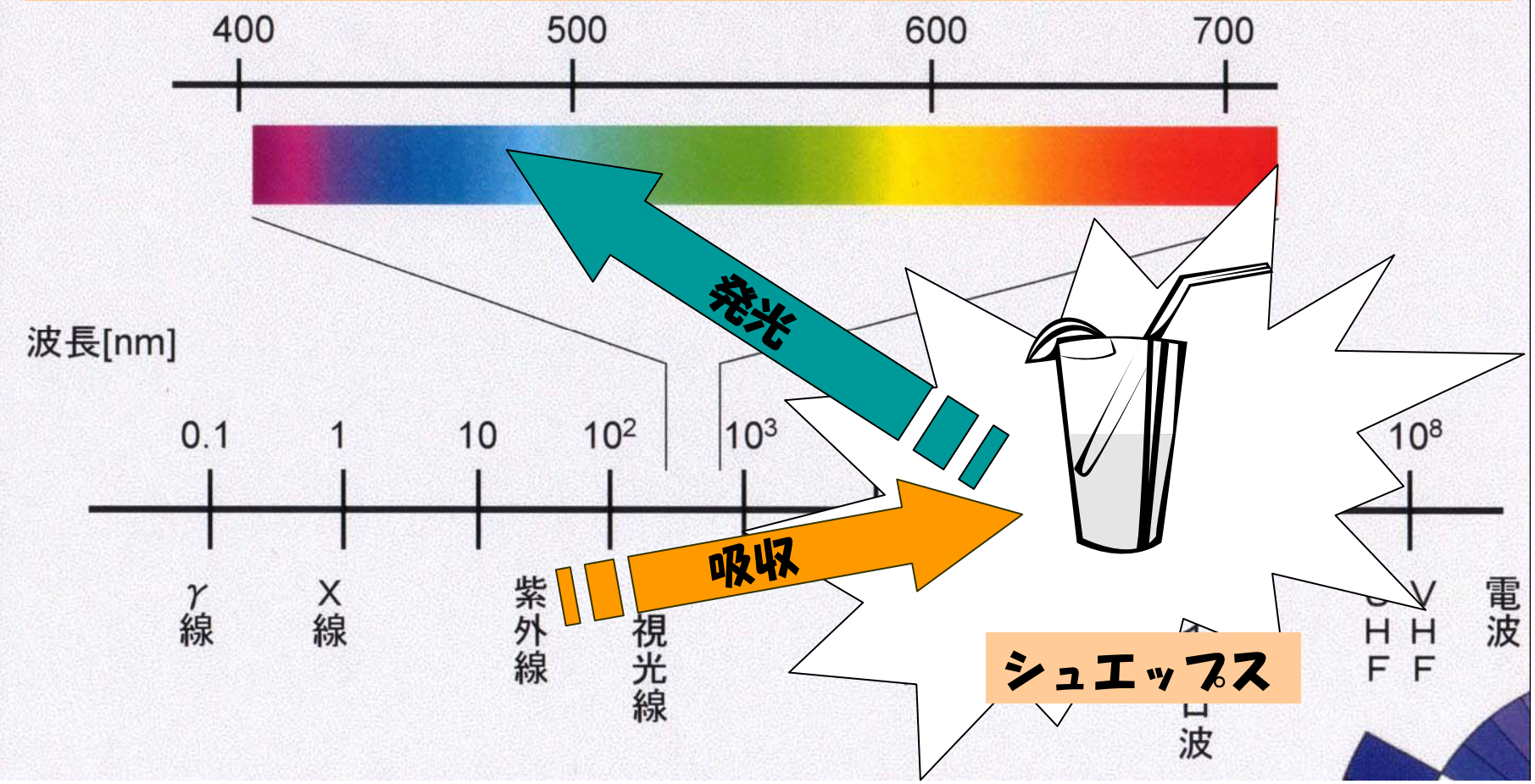
光の吸収と発光

電子のエネルギー準位

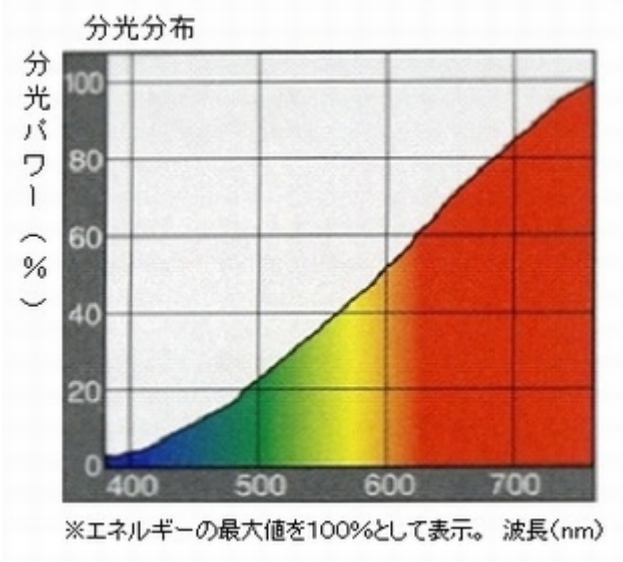


光の吸収と発光

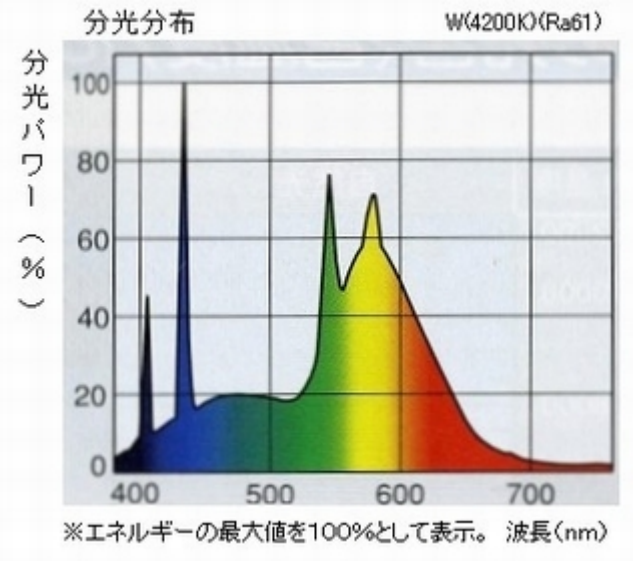
紫外線のエネルギーを吸収し、青色の発光をする。



光放射スペクトル分布

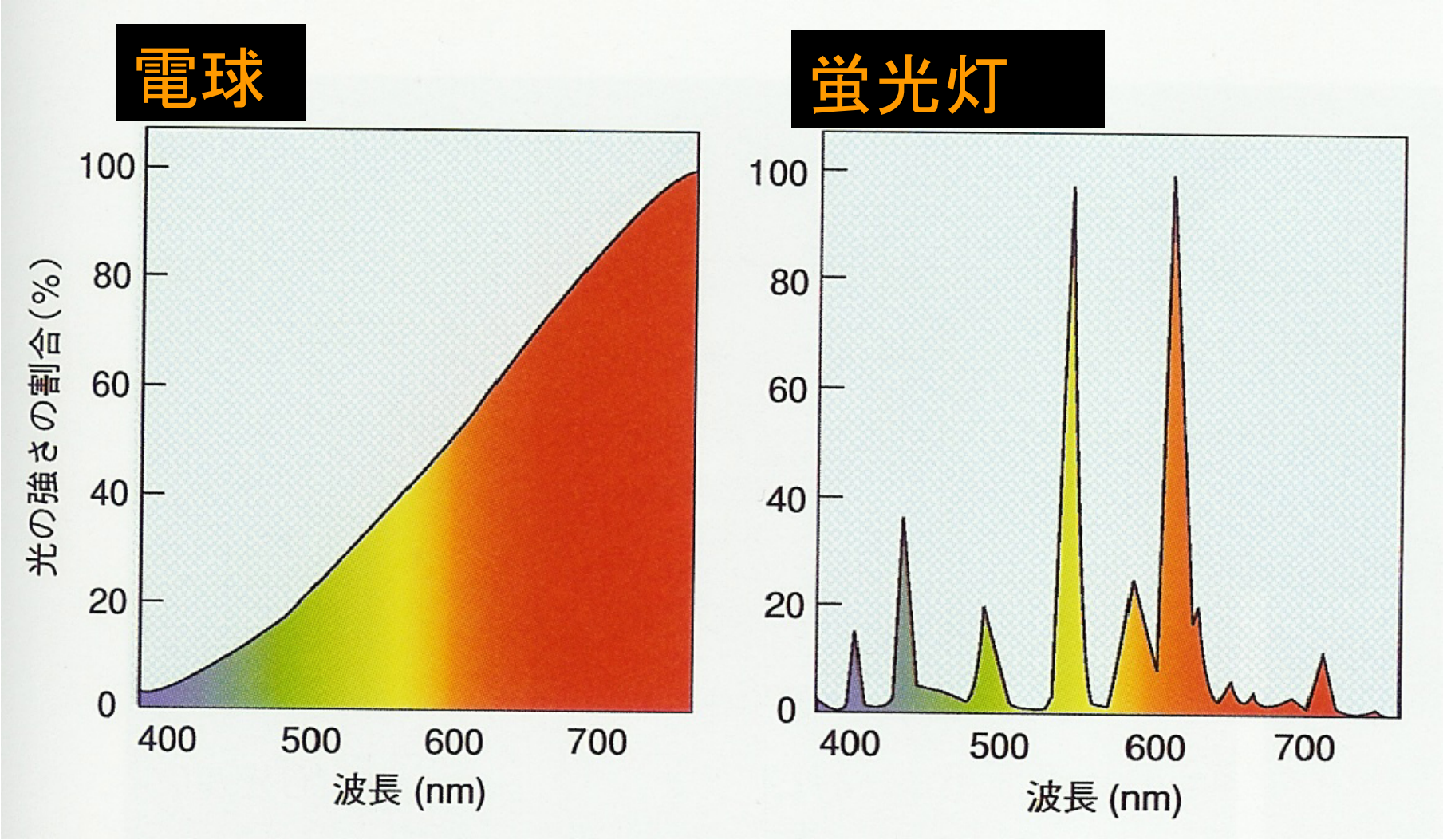


白熱電球

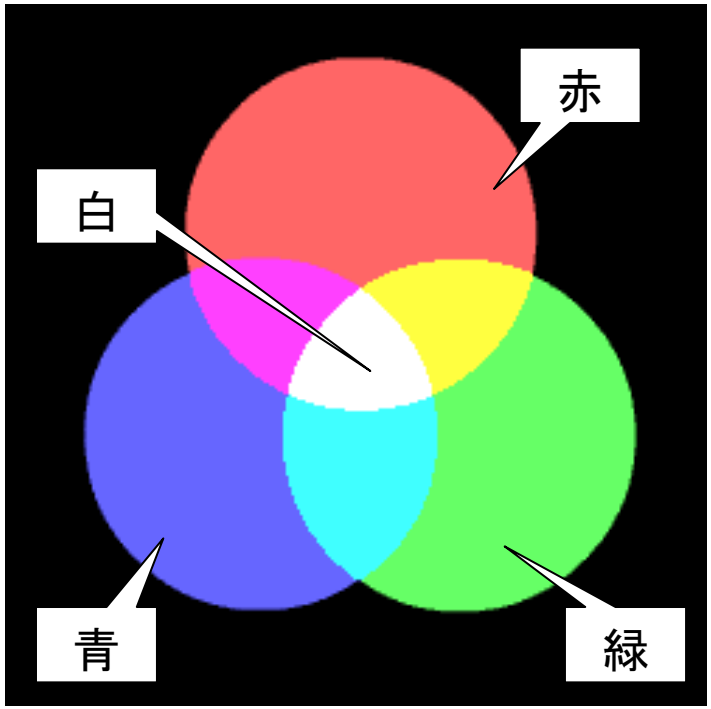


蛍光灯

スペクトル分布

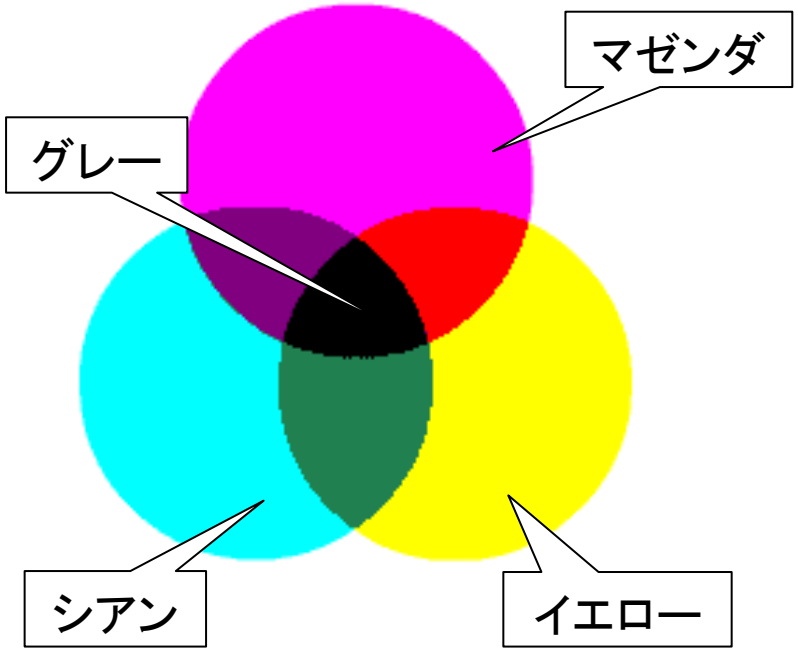


光の三原色



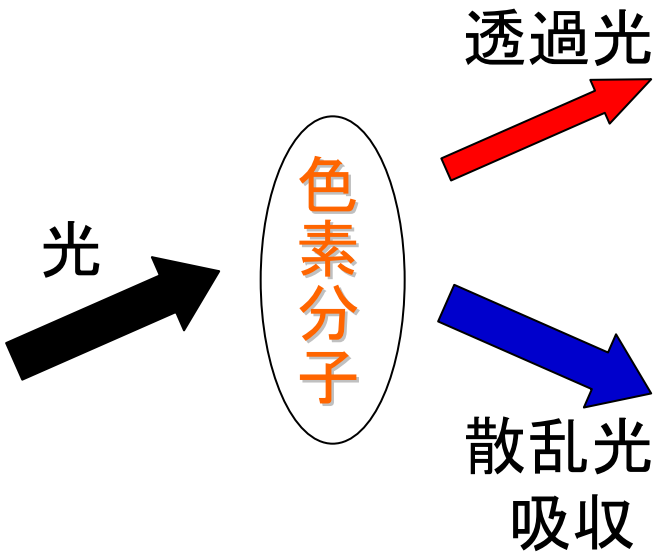
- 光の三原色の場合は、三色すべて混合すると白色になります。TV画面やパソコンのモニターは、この原理でさまざまな色を出しています。

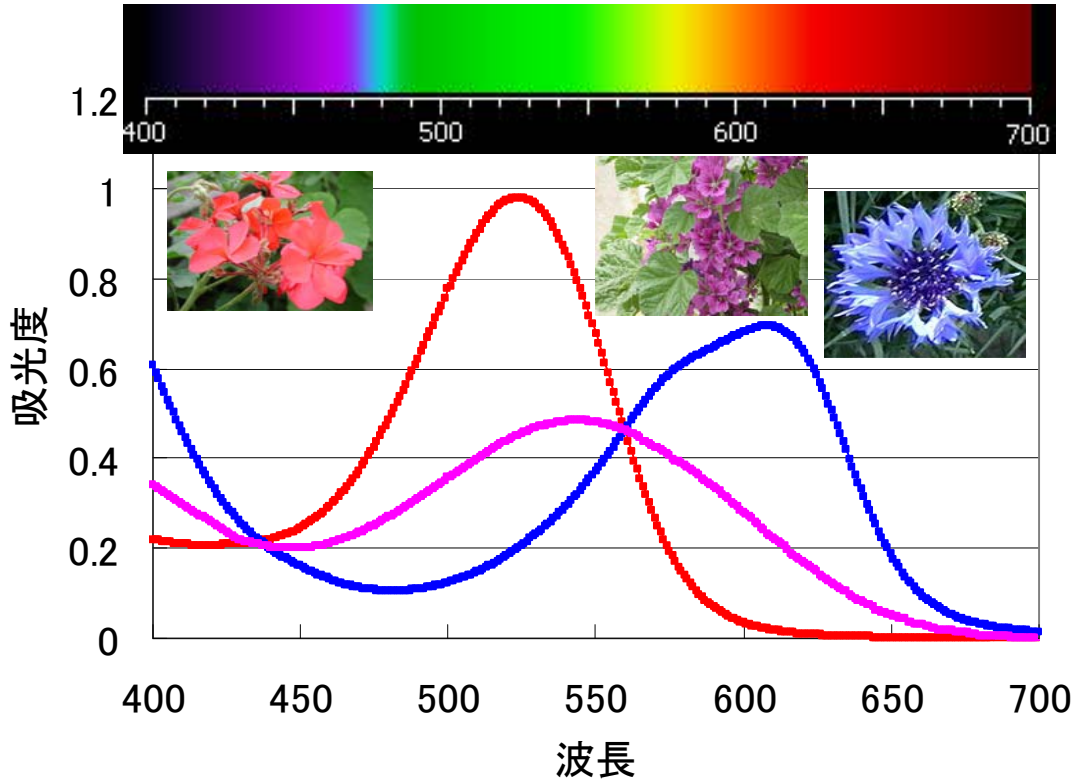
色の三原色



- 色の三原色の場合は、三色すべて混合すると黒色になります。絵の具や、プリンターのインクはこの原理に従っています。

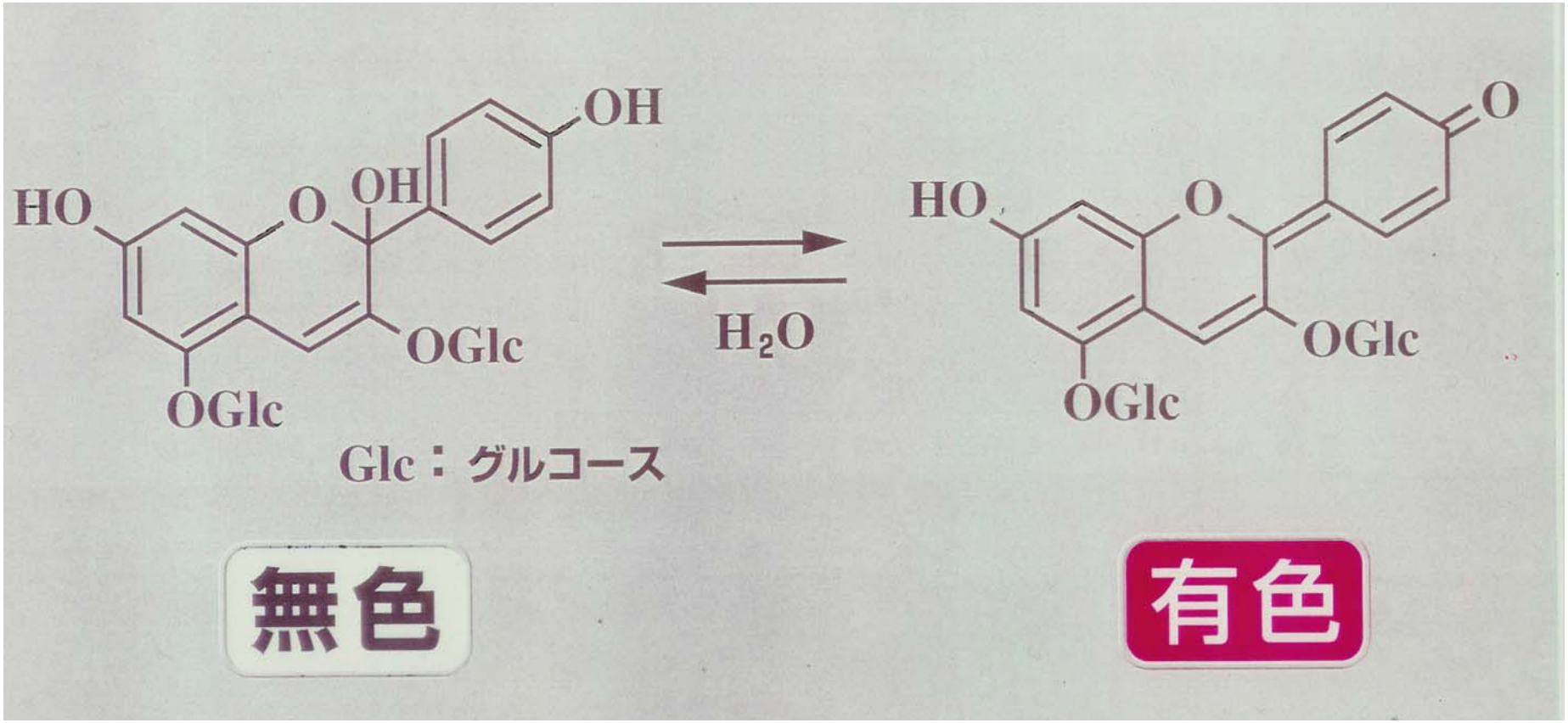
花の色

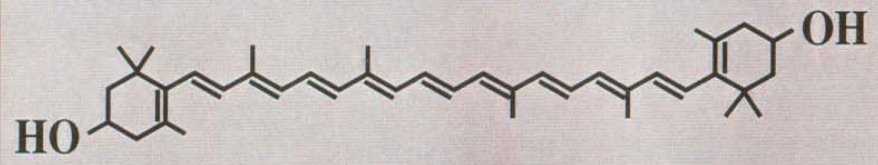




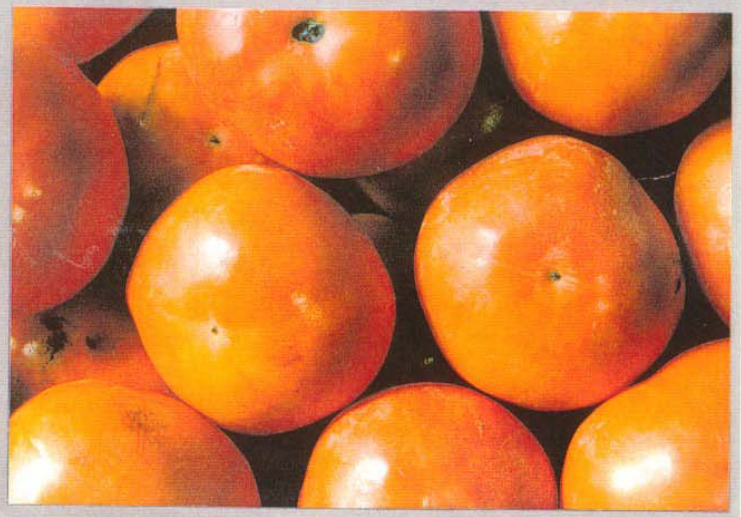
分子と光の相互作用！

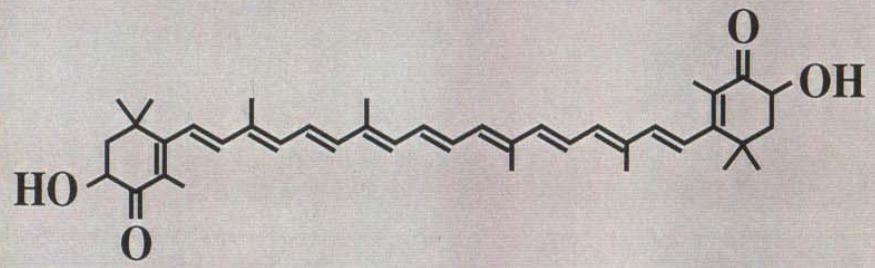
アントシアニン色素の分子構造



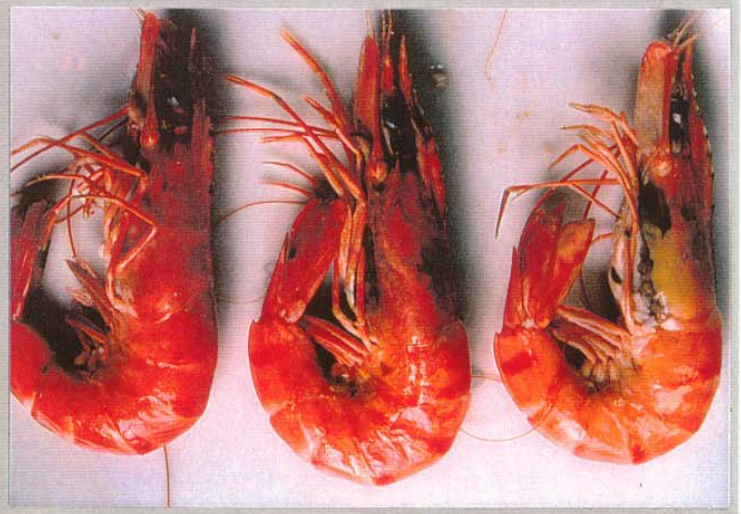


カロチン

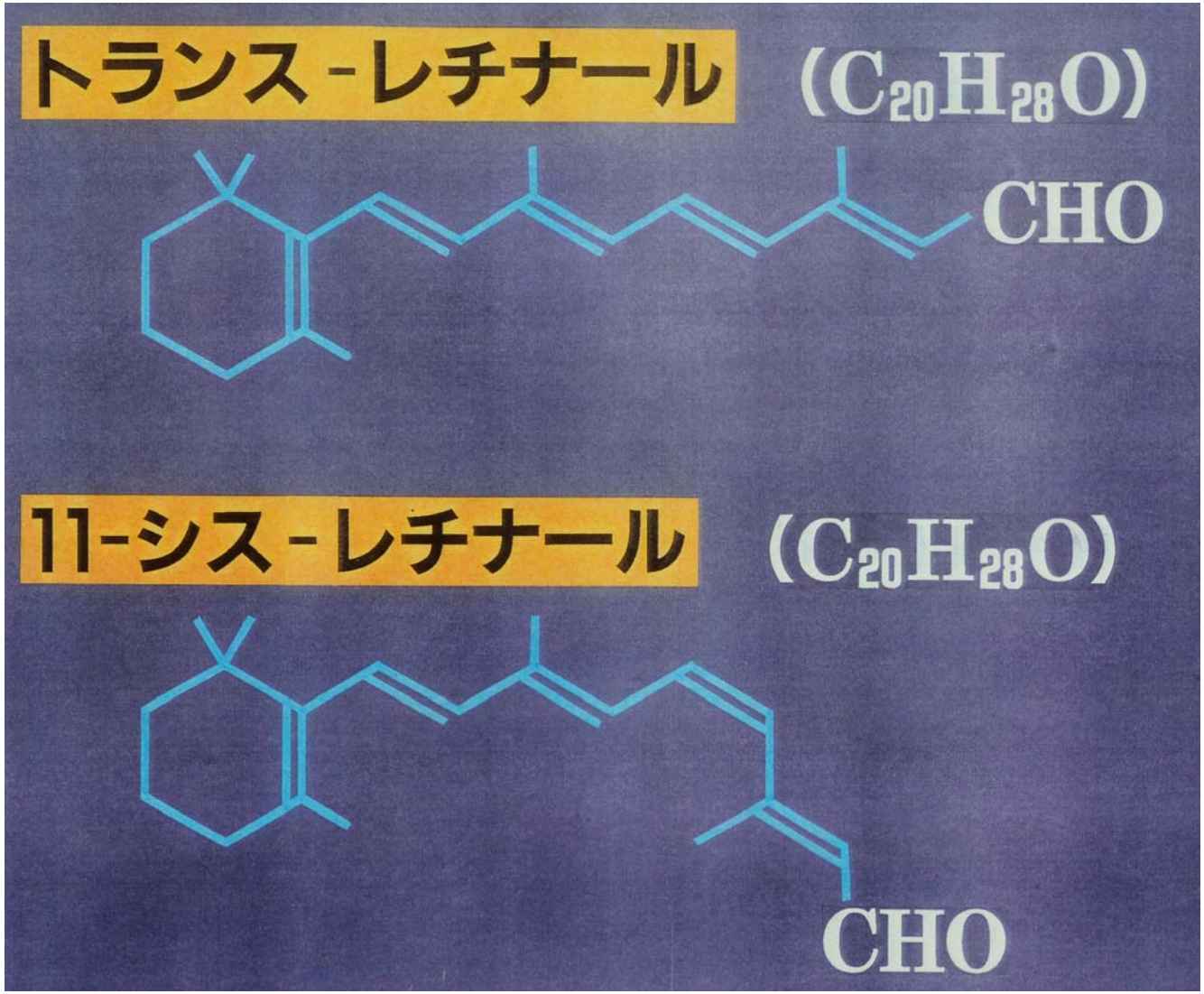




アスタキサンチン

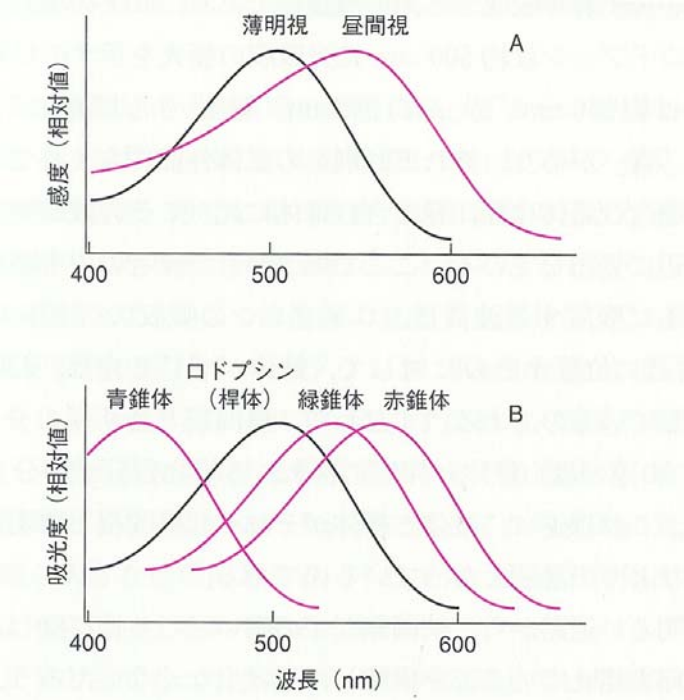


レチナールの光異性化



ヒトの目

著作権上の問題で表示できません。



A：昼間視と薄明視の視感度曲線

B：桿体および錐体に含まれる視物質の吸収スペクトル

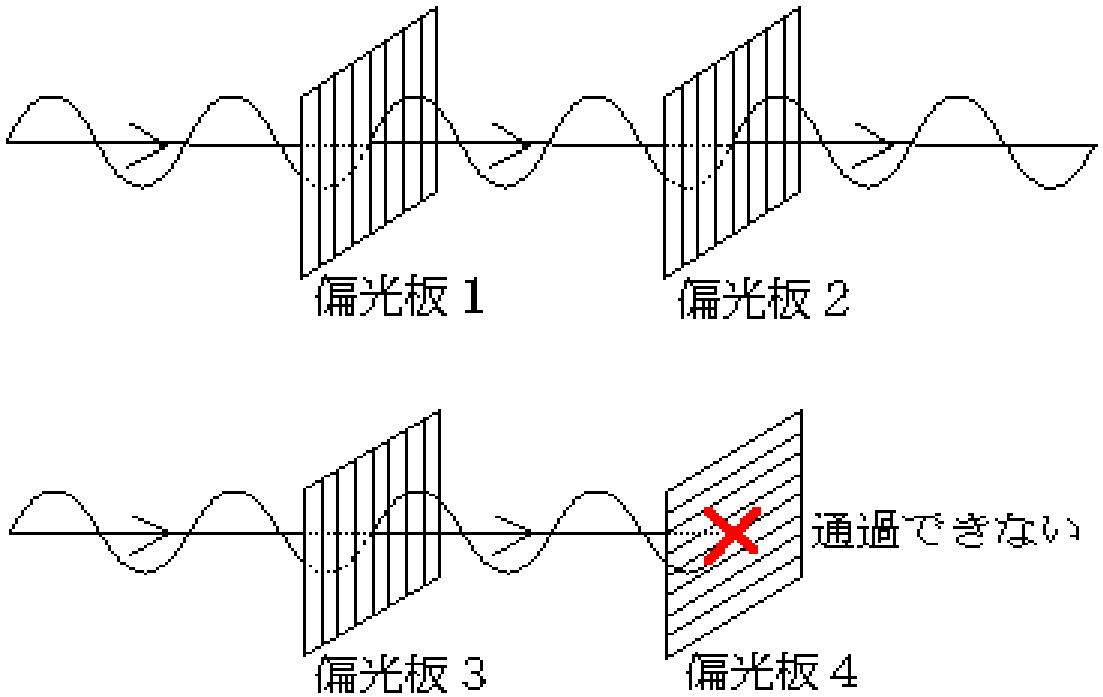
光の性質

- 粒子性
  - 光（量）子（Photon）のエネルギー
  - 光の強さは光子の数
- 波動性
  - 偏光

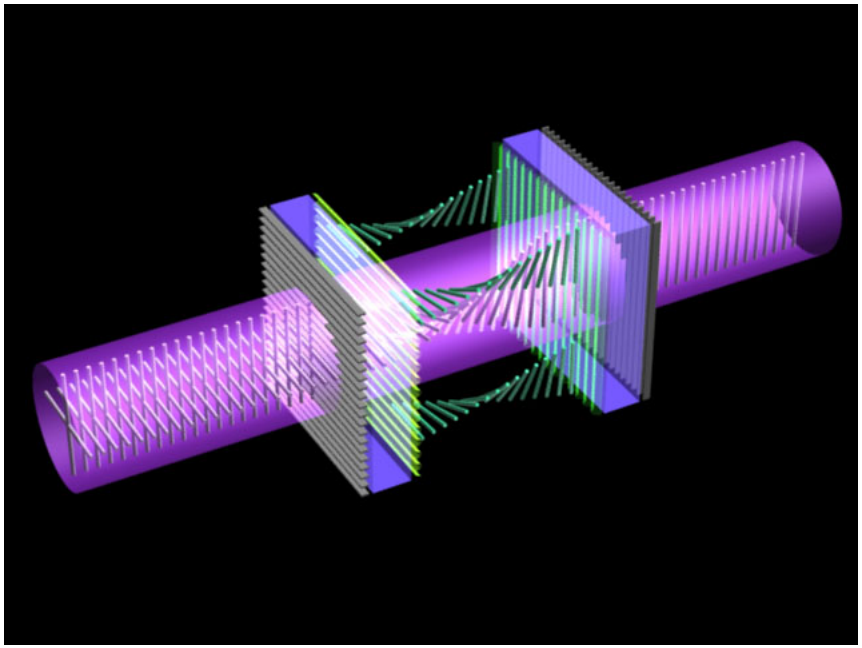
光と物質の相互作用

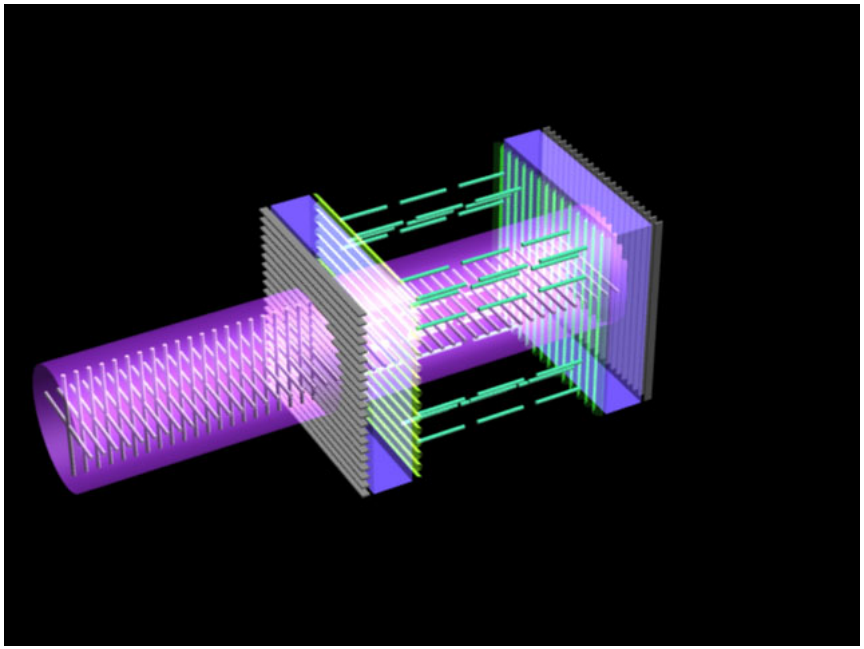
- エネルギー準位

偏光板の働き



光の性質：偏光

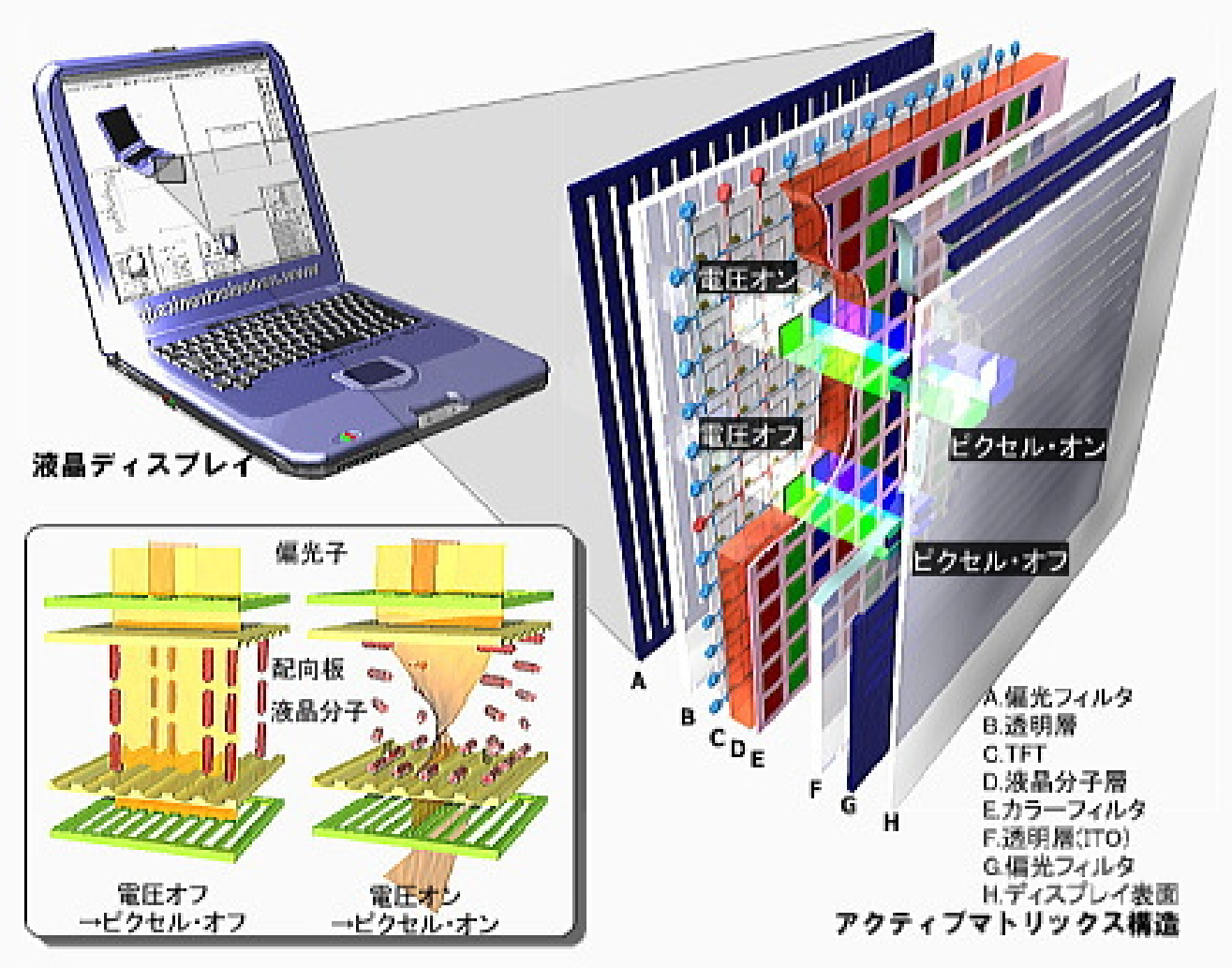


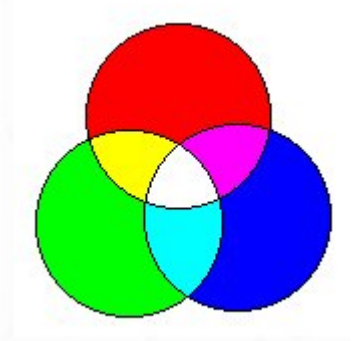


- 入射光は、偏光板により水平振動成分だけが透過し、液晶層の液晶分子のねじれにそって90度ねじられ、垂直方向に振動する光を取り出す偏光板を透過します。

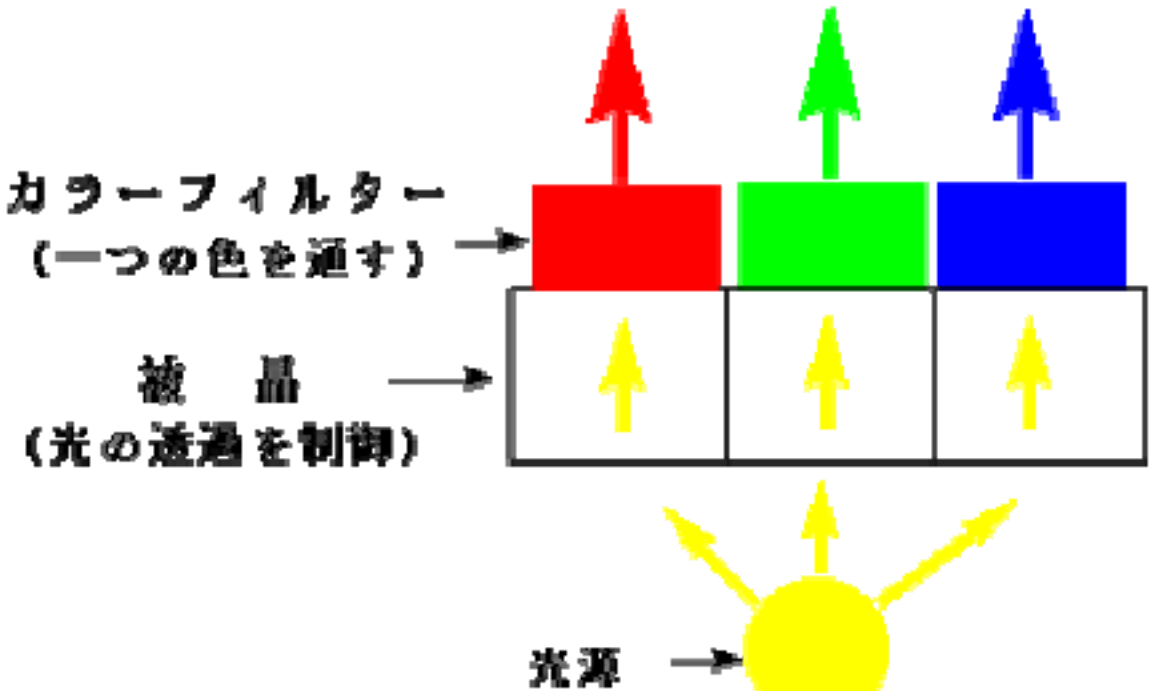
- 液晶層の前後から電圧をかけると、液晶分子が垂直に立ち上がり、光の振動方向は変化しなくなるため、出口側の偏光板でさえぎられ、外に出ることができなくなります。

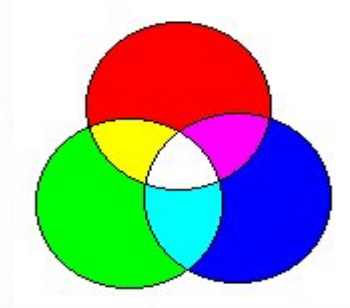
液晶ディスプレイの仕組み

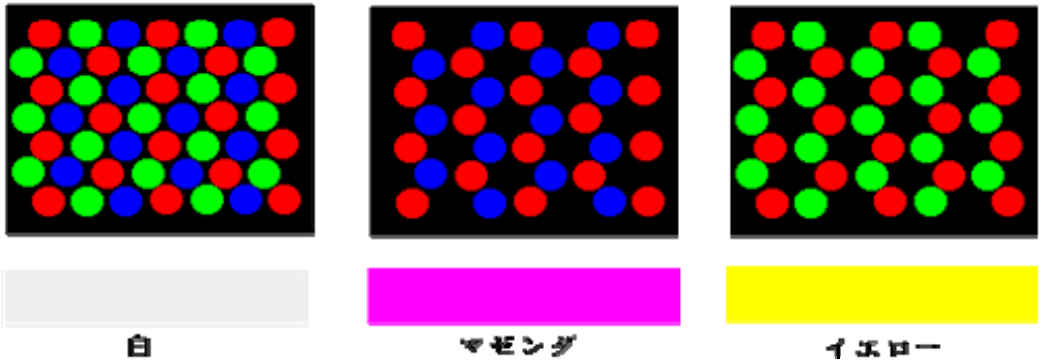




液晶ディスプレイの仕組み

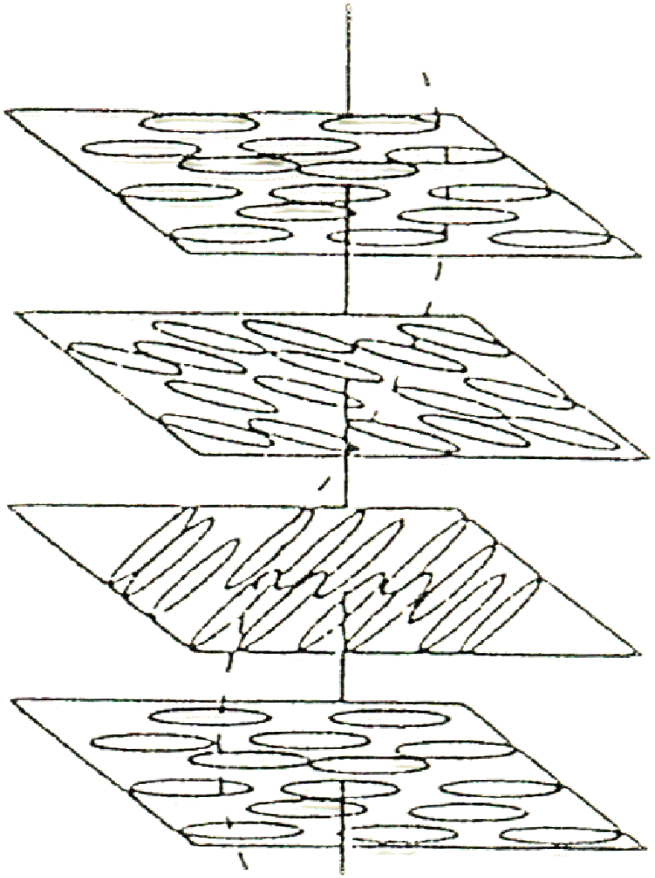




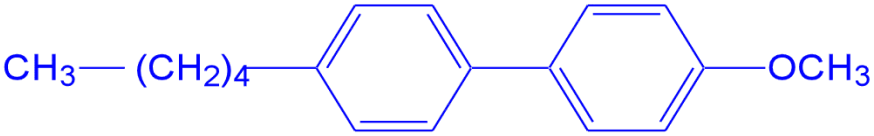


コレステリック液晶

（ヘリカル構造）

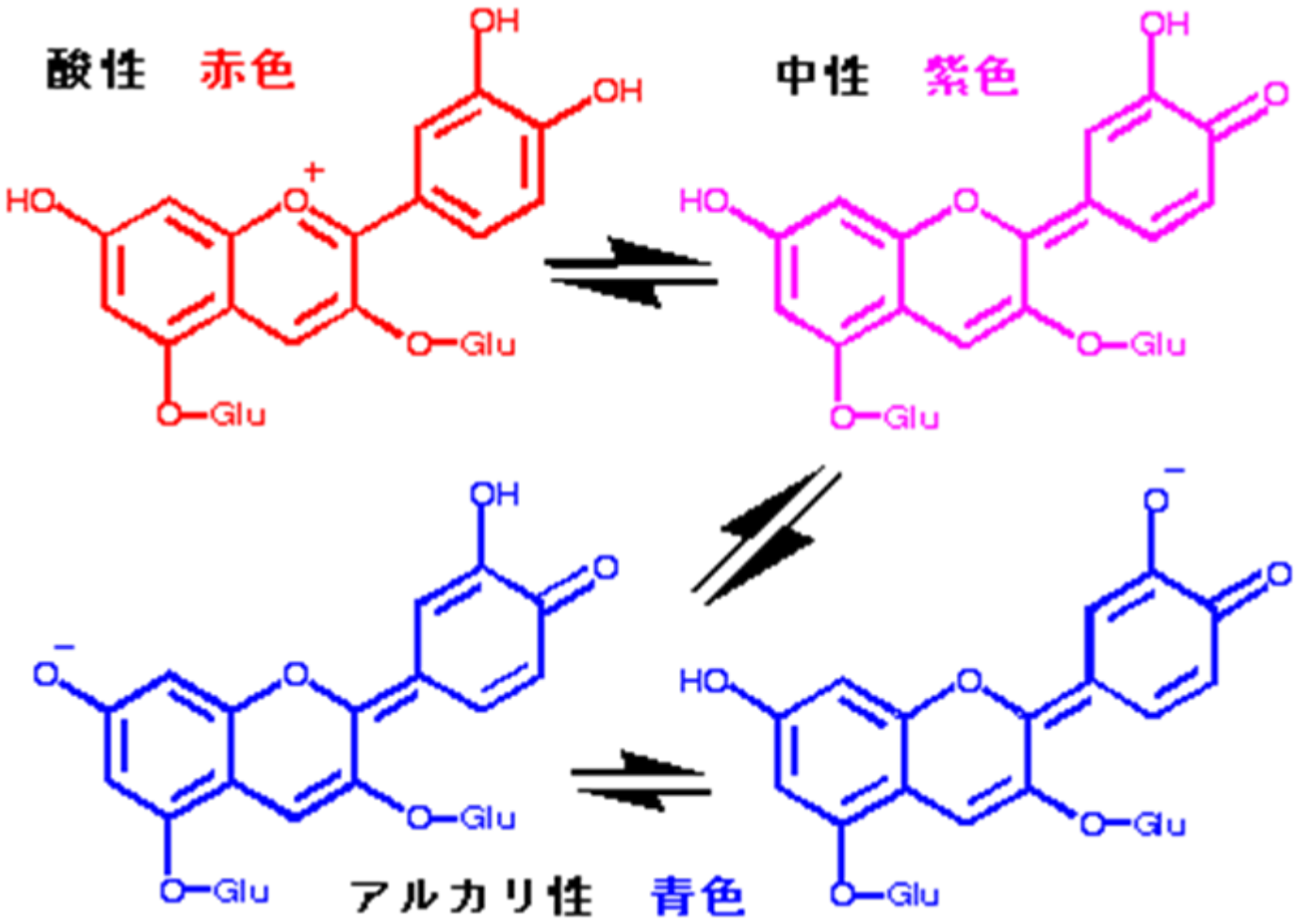


スメクティック相



$$\delta = 2\pi \frac{d\Delta n}{\lambda}$$

花の色の変化



Glu：グルコース($C_6H_{12}O_6$)

アントシアニンのpHによる分子構造の変化