

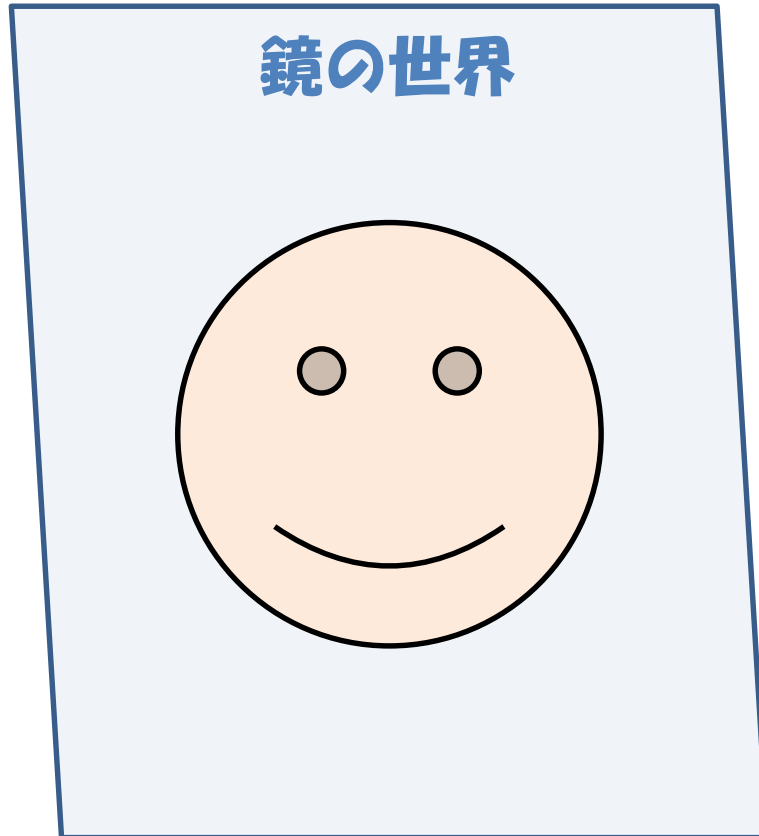
東北大学大学院理学研究科「ぶらりがく」

鏡の世界は香りが違う？

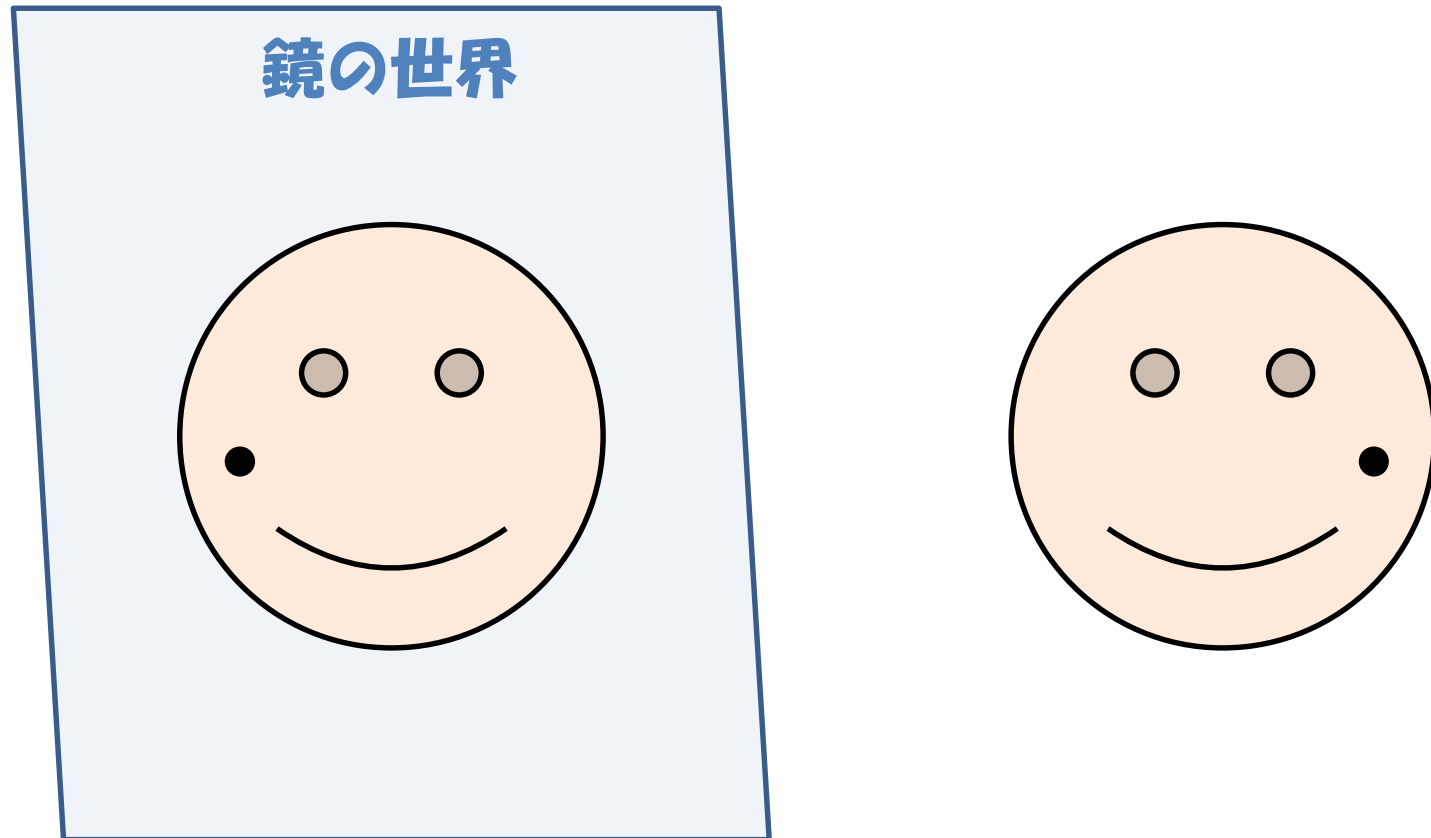


東北大学大学院理学研究科 寺田真浩

鏡にうつると「鏡写し」

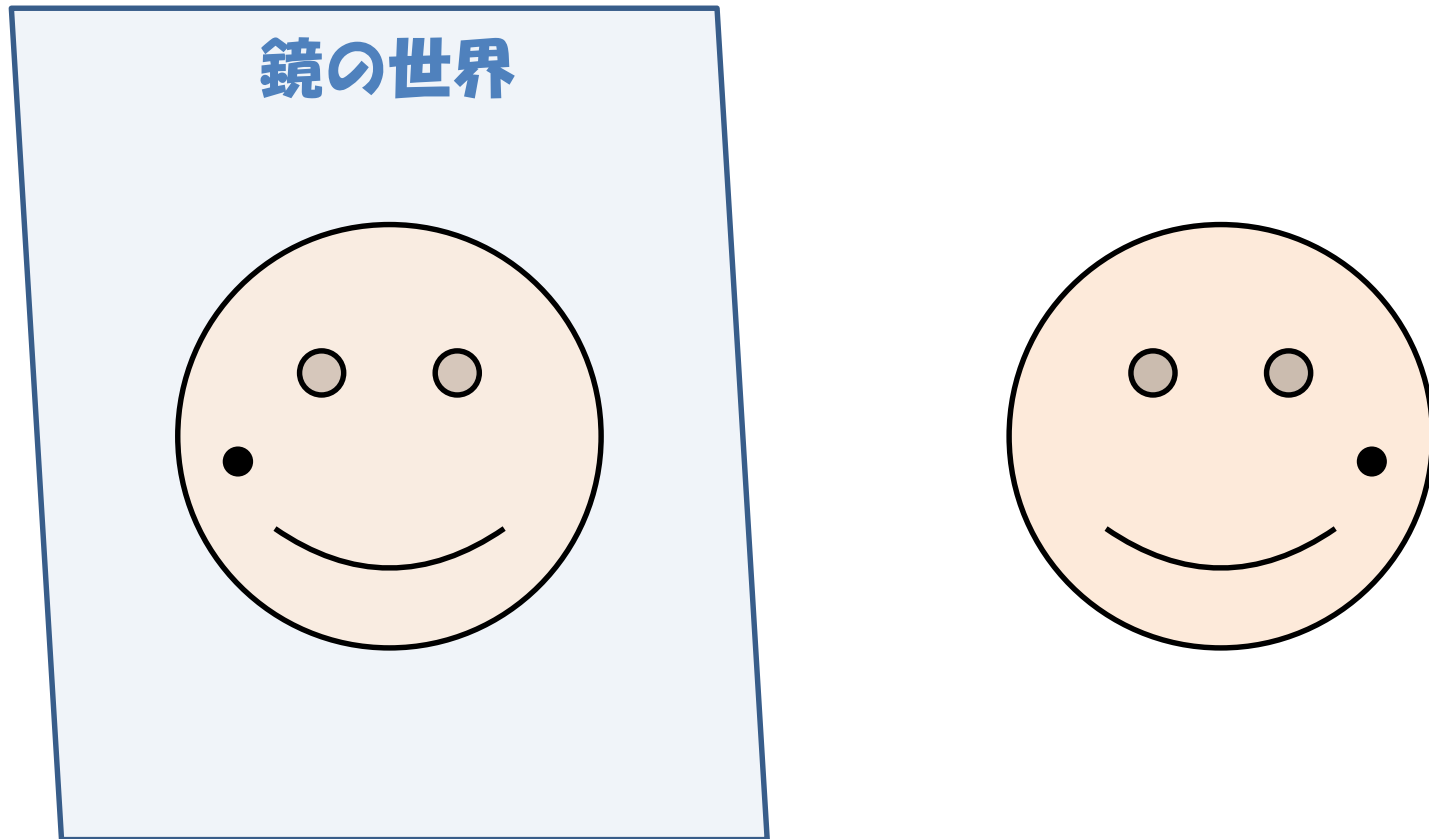


鏡にうつると「鏡写し」



右のほくろが「鏡の世界」では左のほくろ
・・・“左右”がひっくり返る！

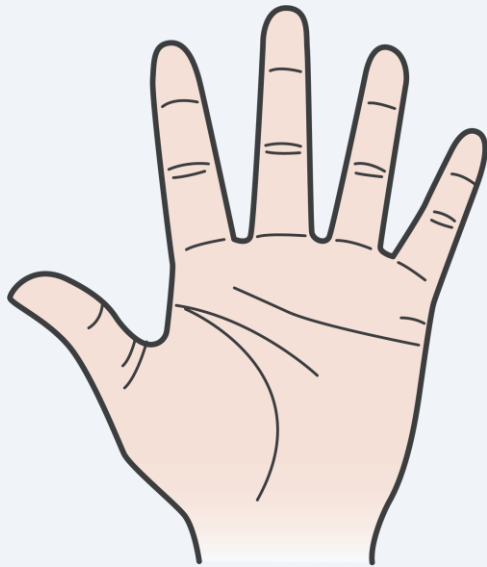
鏡にうつると「鏡写し」



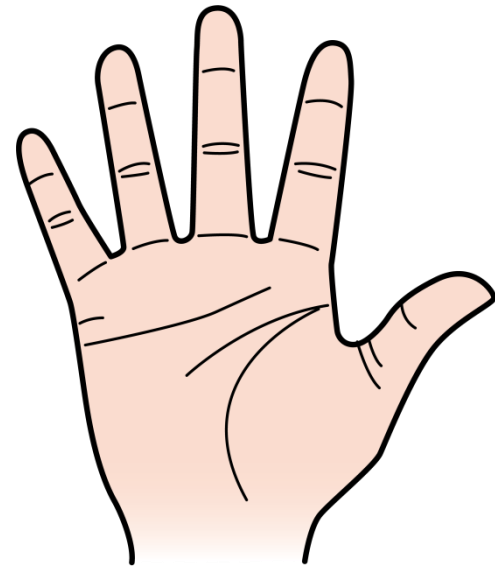
ひっくり返った顔は重ならない！

鏡にうつると「鏡写し」

鏡の世界

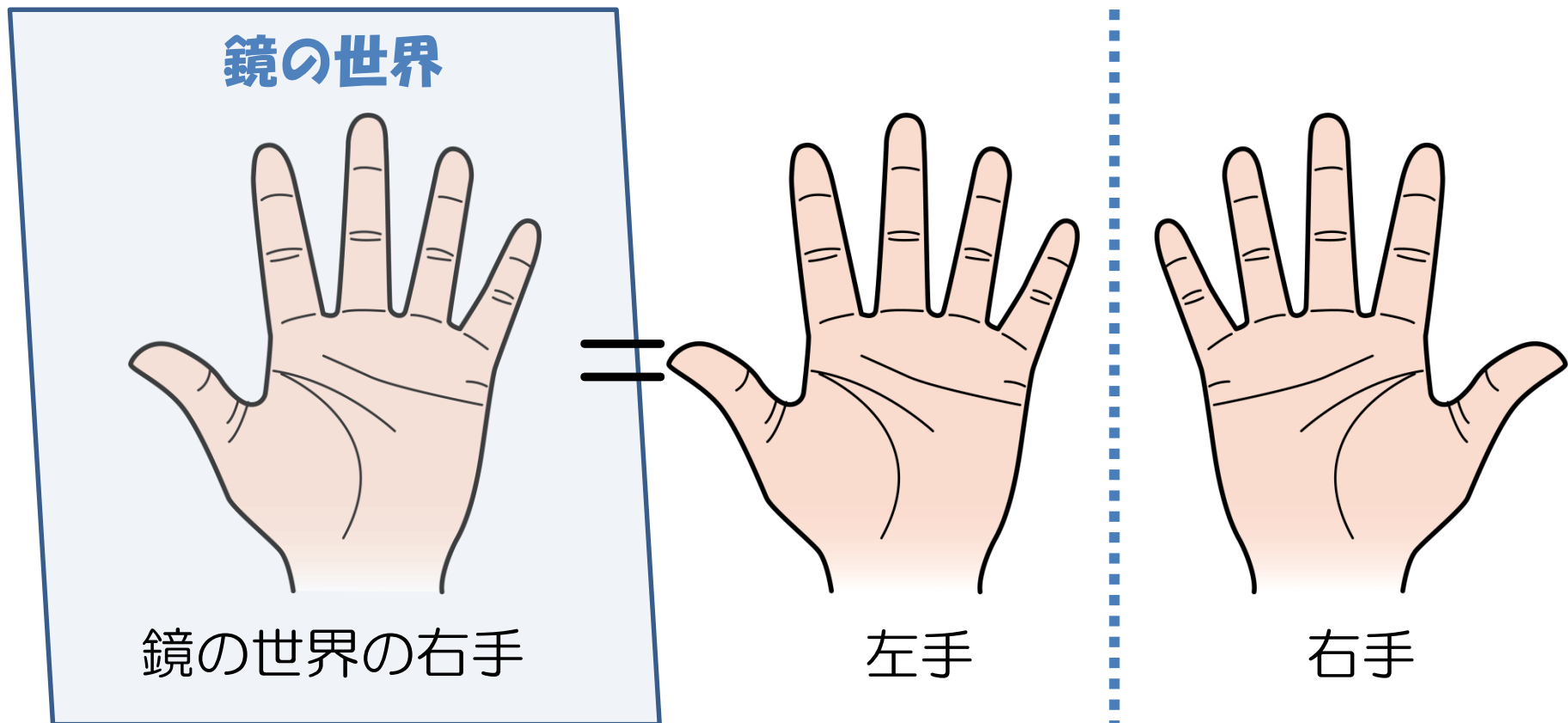


鏡の世界の右手

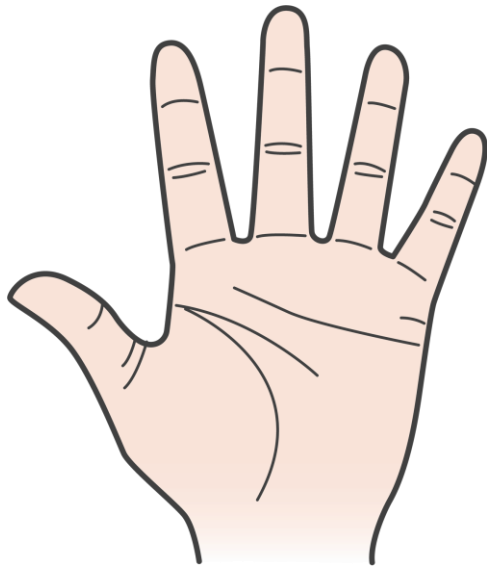


右手

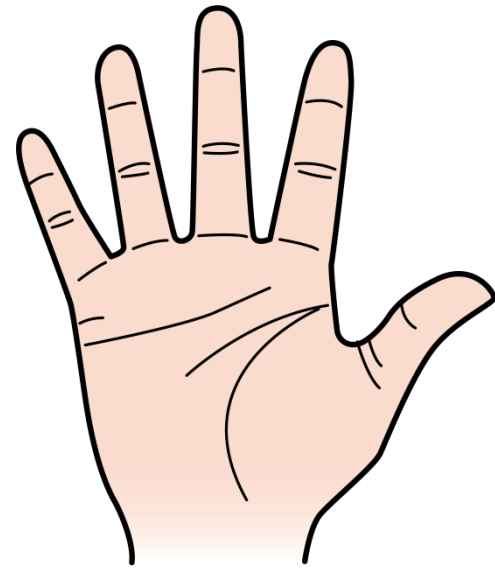
鏡にうつると「鏡写し」



鏡にうつると「鏡写し」



左手

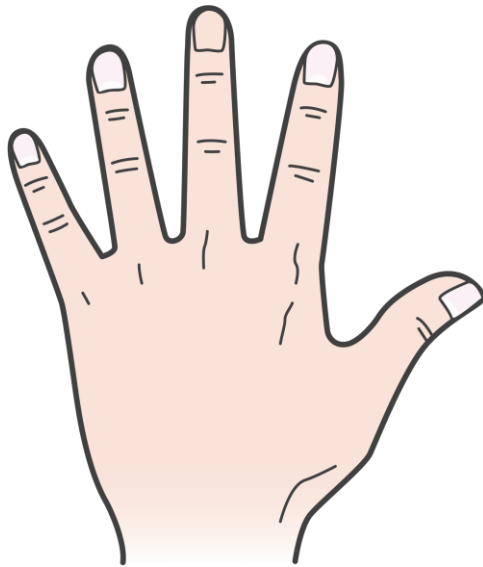


右手

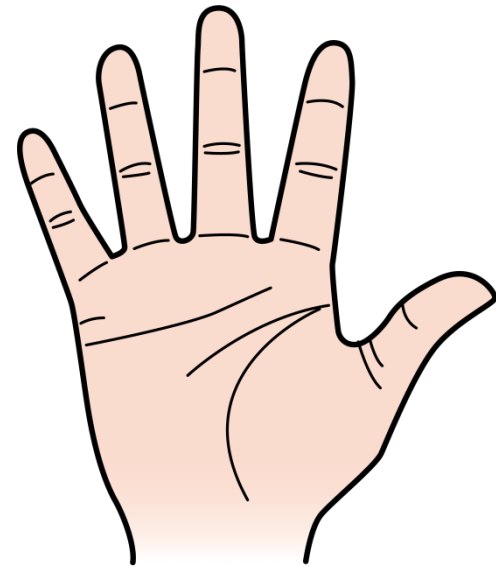
重ならない！

鏡にうつると「鏡写し」

180度回したら



左手

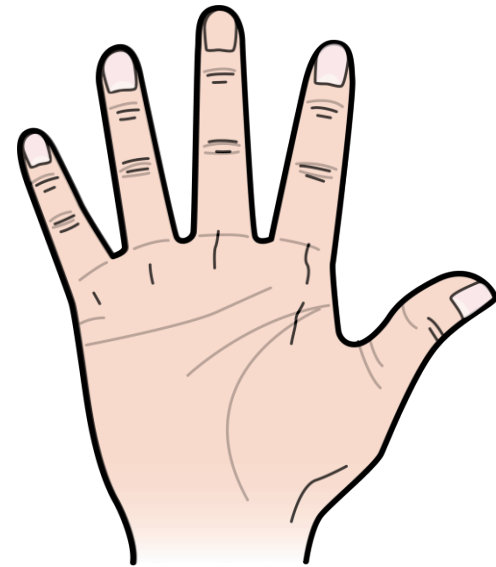


右手

重なるけど

鏡にうつると「鏡写し」

180度回したら



左手（甲）

右手（ひら）

裏表が逆！
左手と右手は一致しない

キラル

物質の形がその鏡うつしの形と一致しない

関係にある性質を「**キラル**」といいます。

分子の世界のキラル

有機化合物（タンパク質、糖、薬など）は

炭素原子からなっている

周期表

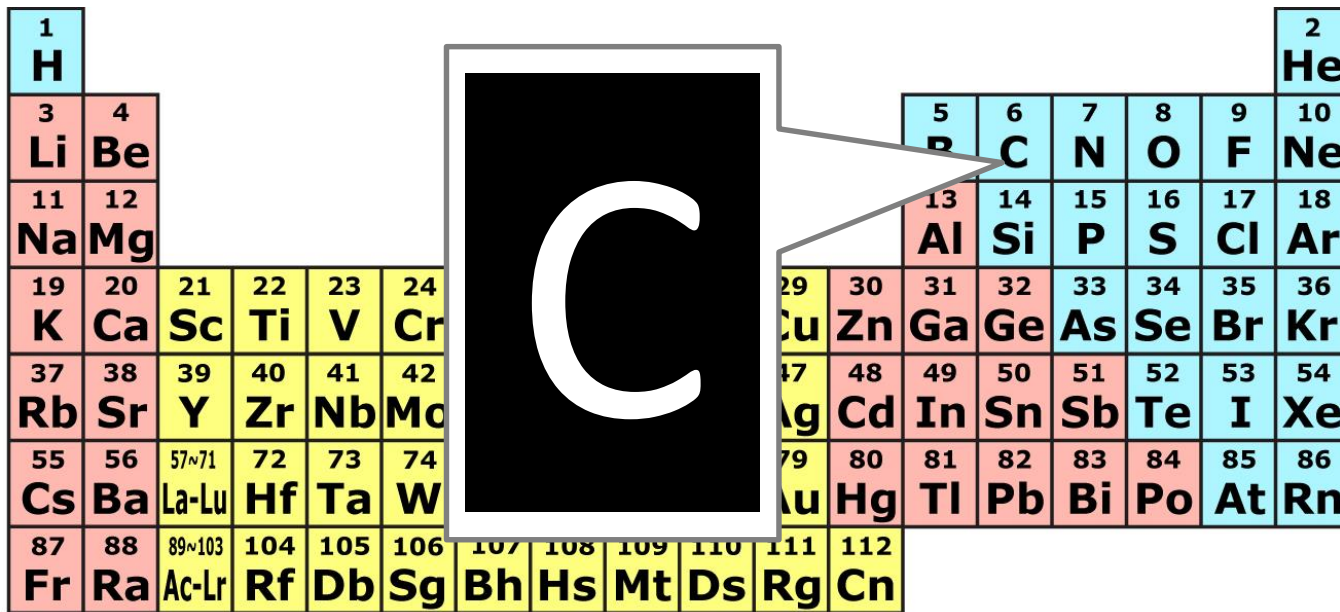
1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57~71 La-Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89~103 Ac-Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn						

57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

分子の世界のキラル

有機化合物（タンパク質、糖、薬など）は

炭素原子からなっている

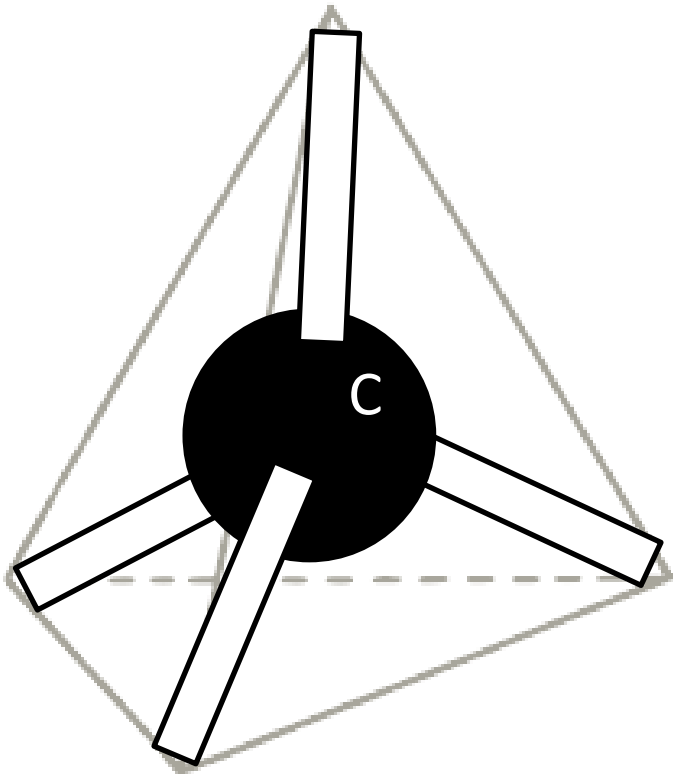


1 H																	2 He										
3 Li	4 Be															5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne						
11 Na	12 Mg															13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar						
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr															29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo															47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57~71 La-Lu	72 Hf	73 Ta	74 W															79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89~103 Ac-Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn																

57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

分子の世界のキラル

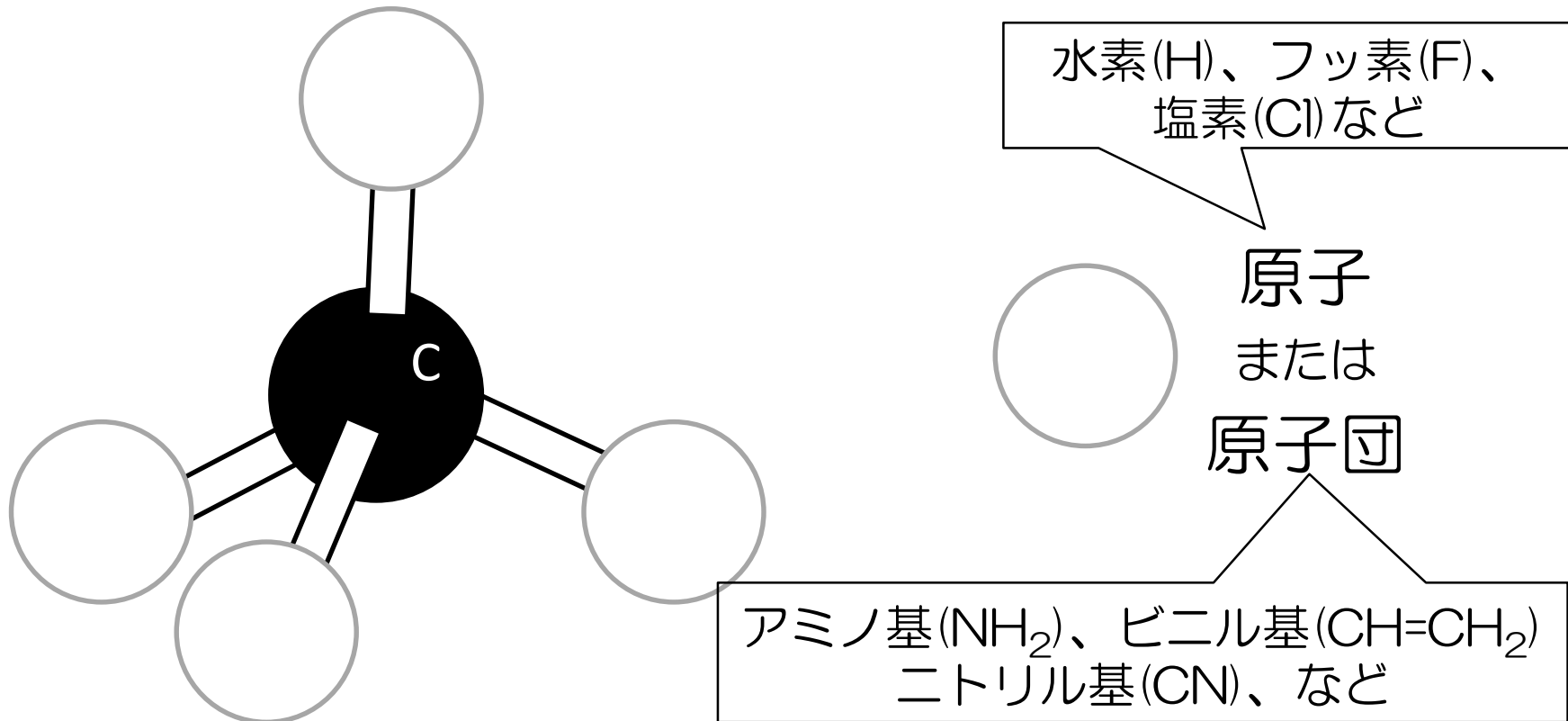
多くの炭素原子は4本の手を持っている



正四面体の重心から
頂点に向かって
手が4本

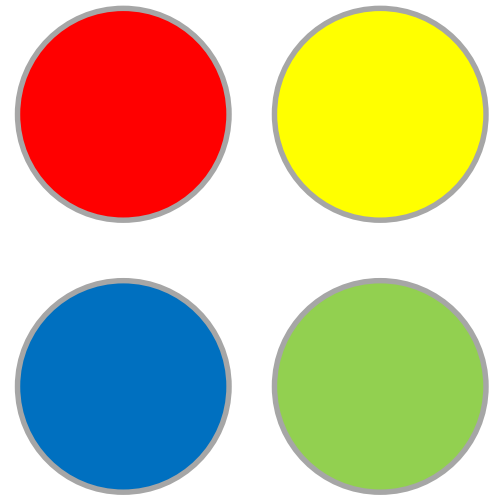
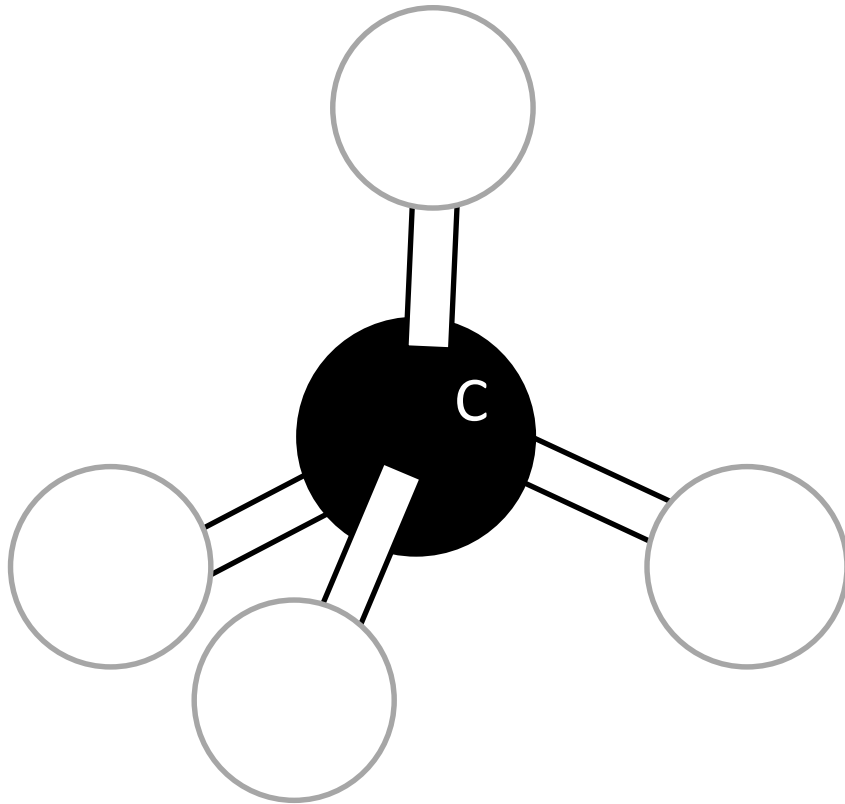
分子の世界のキラル

4つの原子（原子団）と化学結合を
形成している



分子の世界のキラル

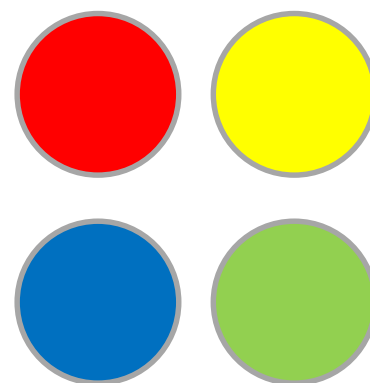
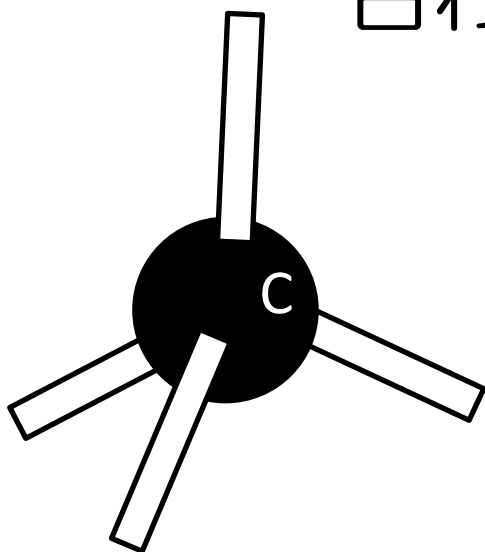
炭素原子は4つの異なる原子（原子団）
と化学結合を形成すると**キラル**になる？



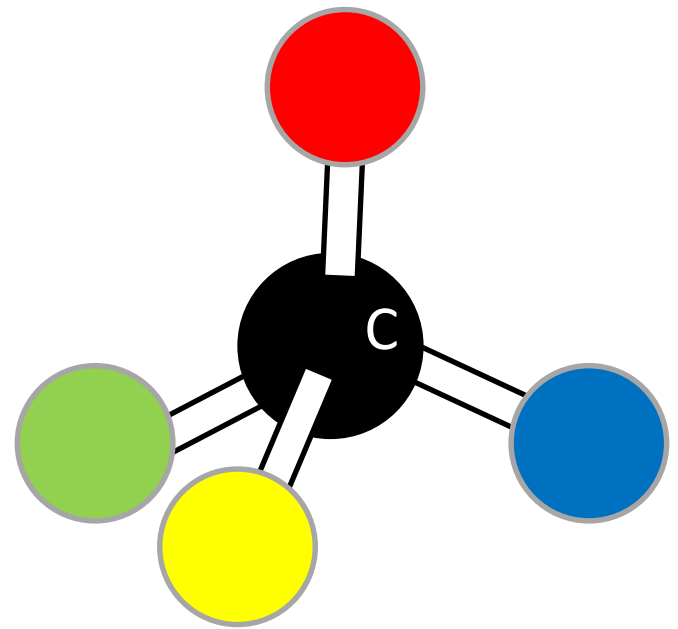
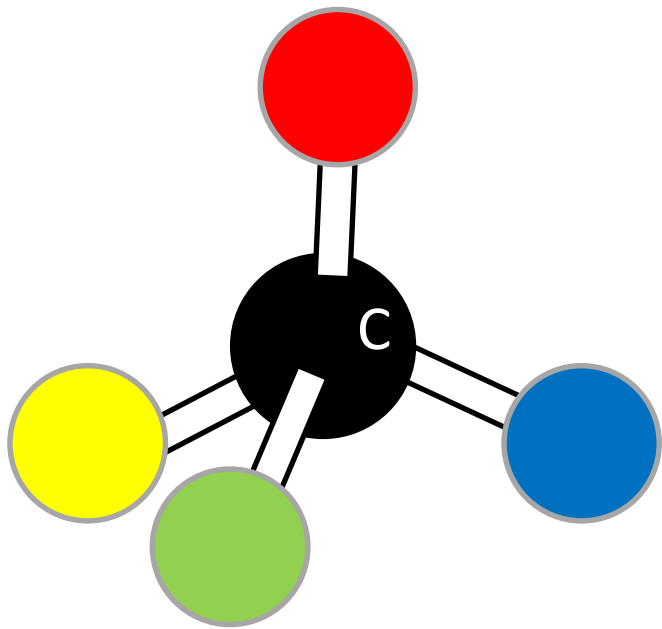
実験1：分子模型を組み立てよう

1) 炭素原子の4つの手に4色の球をさして
分子模型を組み立てよう

2) お隣さんとキラル(鏡写し)になる組み
合わせをつくってみよう



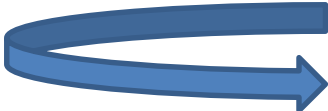
実験1まとめ：キラルな分子模型

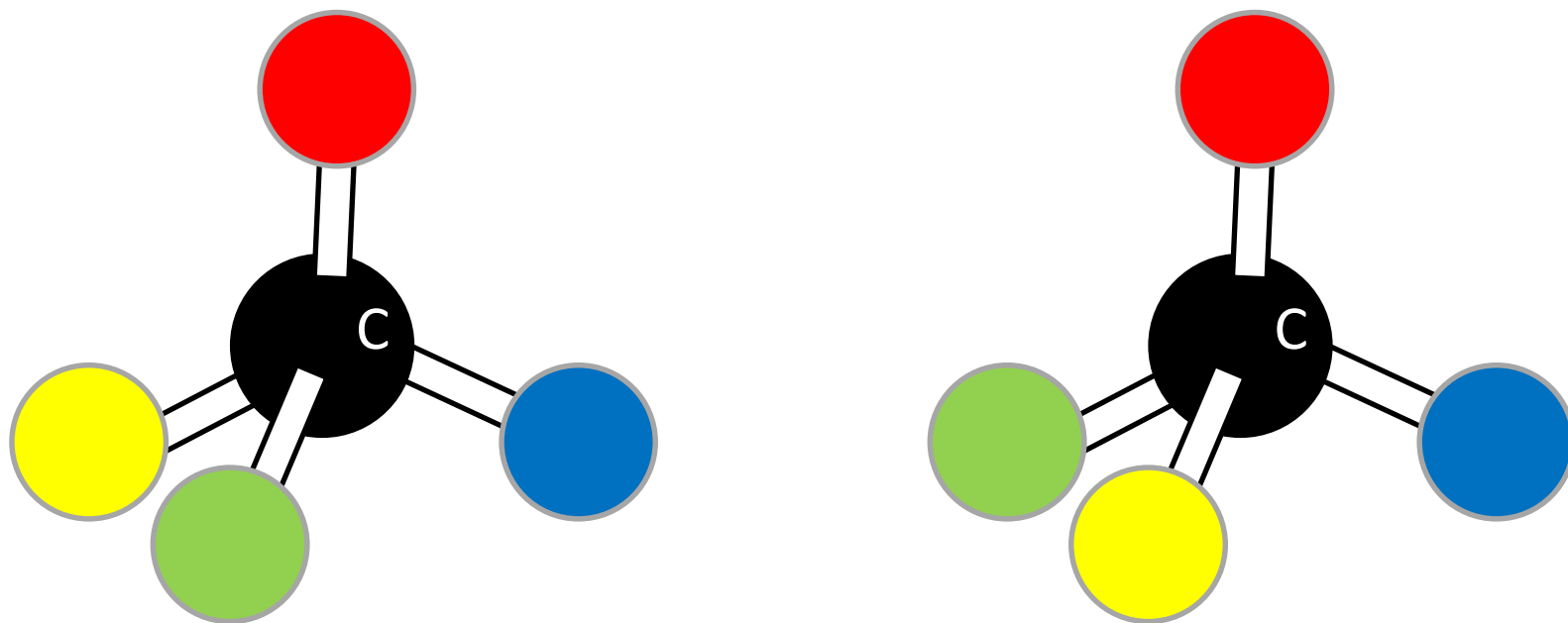


赤を上にして青を右側に置いたときに
緑が手前にくるものと奥にくるものの

2種類できましたか？

実験 1 まとめ：キラルな分子模型

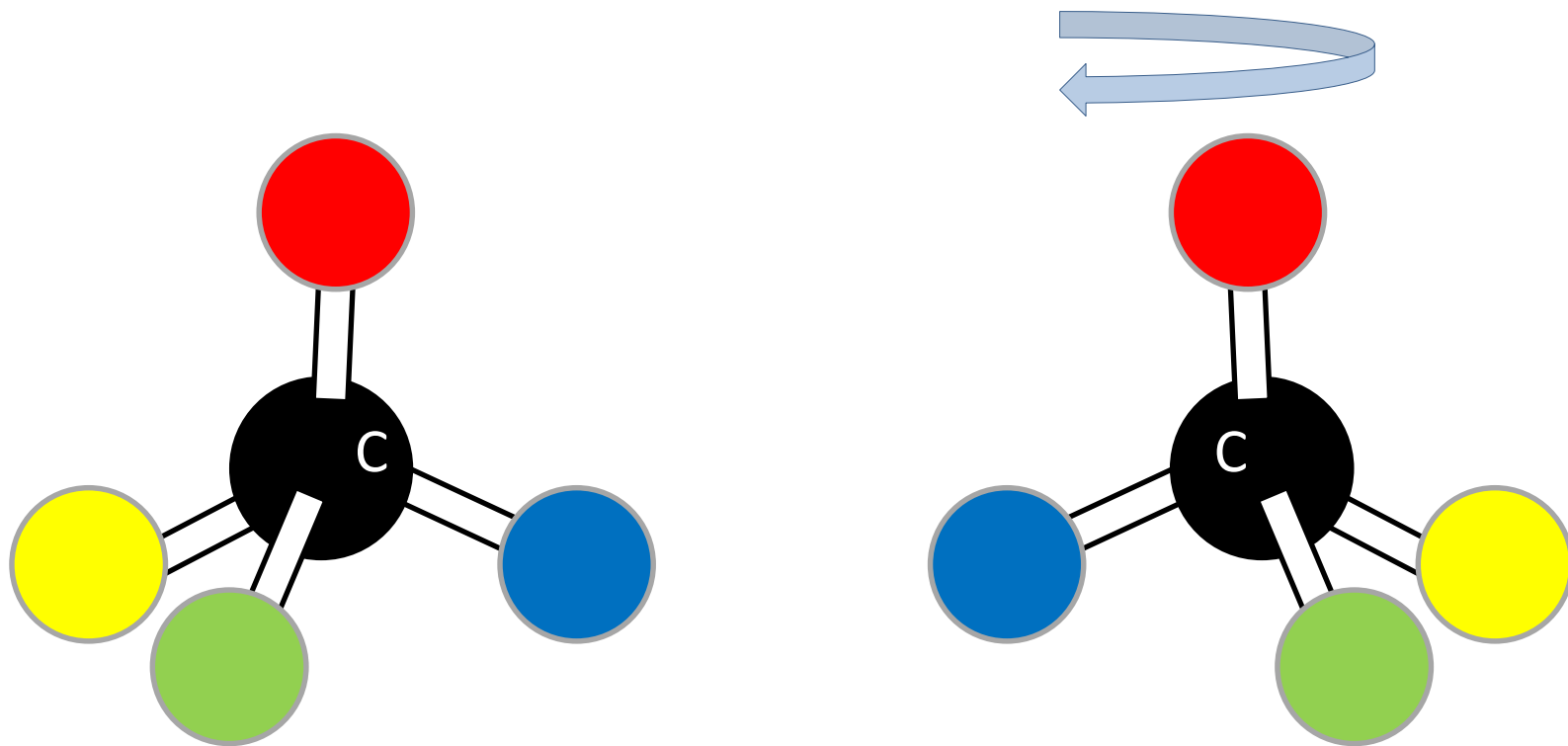
180度回すと 



赤を上にして青を右側に置いたときに
緑が手前にくるものと奥にくるものの

2種類できましたか？

実験1：分子模型でキラルがわかる



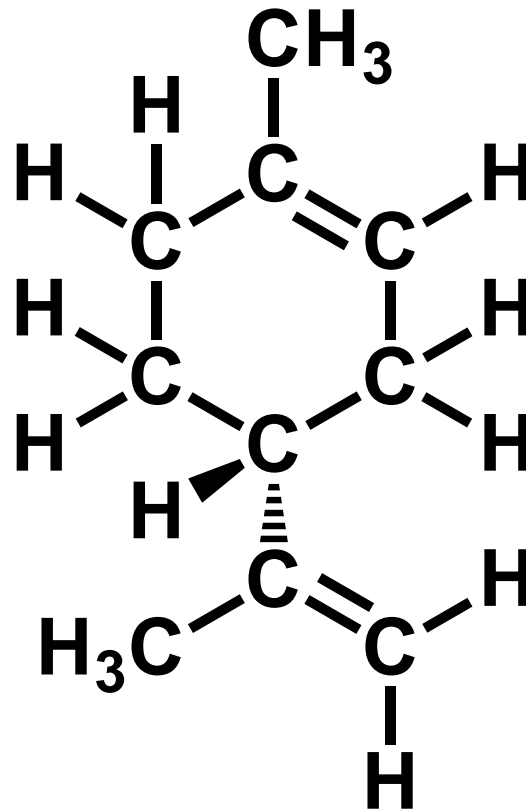
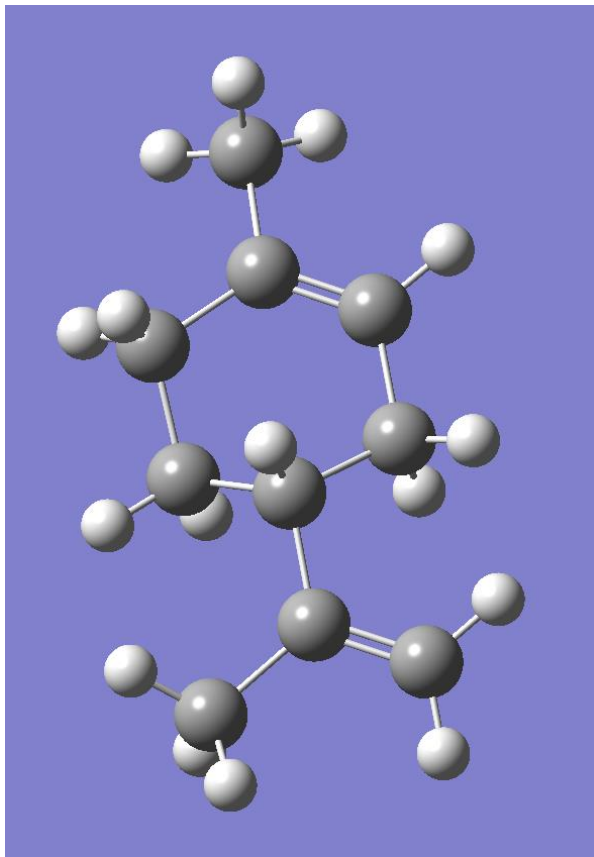
180度回すと鏡うつしになりますね。

炭素原子に4つの異なる原子（原子団）と化学結合を

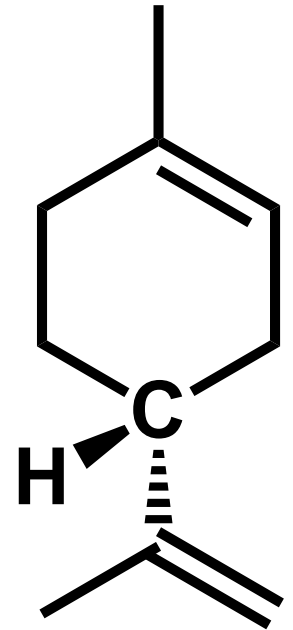
形成した分子は**キラルである**！（例外あり）

鏡の世界は香りが違う！？

(+)-リモネン（かんきつ類の果皮の成分）



=

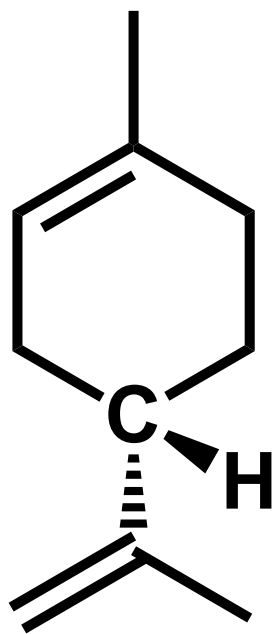


C: 炭素
H: 水素

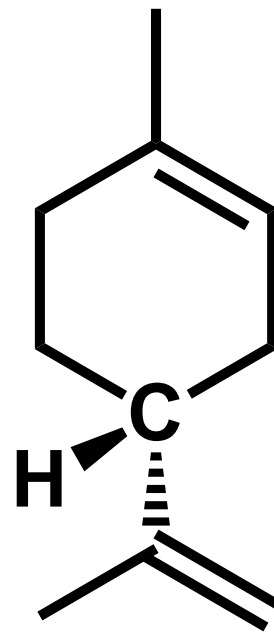
実験2：香りの違いを体験してみよう

(+)-リモネンと鏡写しの分子（(-)-リモネン）が
染み込んだ試験紙の香りをかいてみよう

鏡の世界

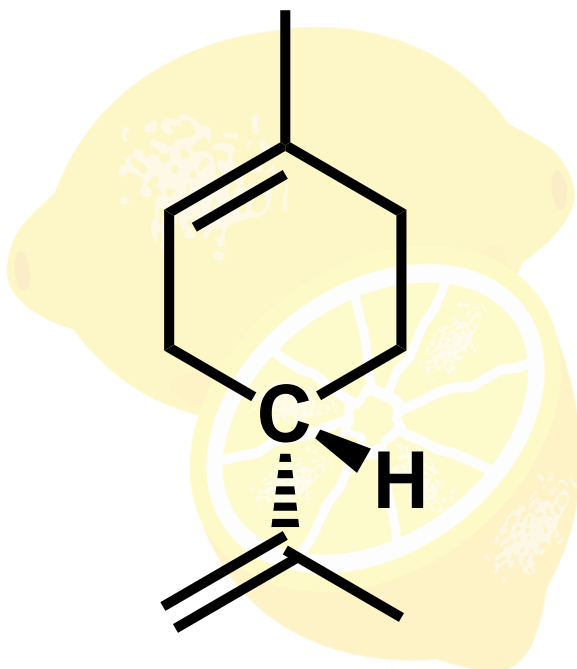


(-)-リモネン



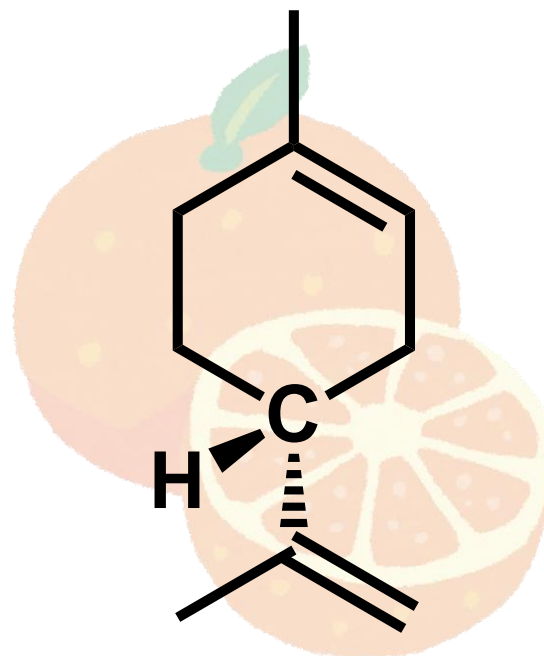
(+)-リモネン

実験2まとめ：香りの違い



(-)-リモネン

レモンの香り



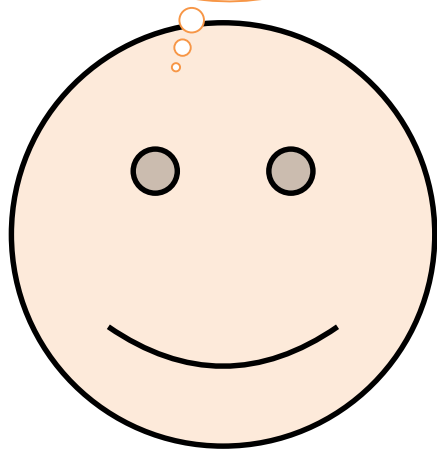
(+)-リモネン

オレンジの香り

※濃度や個人差によって感じ方が変わります。

キラルなタンパク質が違いを見分ける

オレンジ!

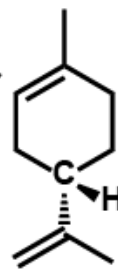


キラルなタンパク質が違いを見分ける

オレンジ!

嗅覚受容体 (タンパク質)

香り化合物を
感知



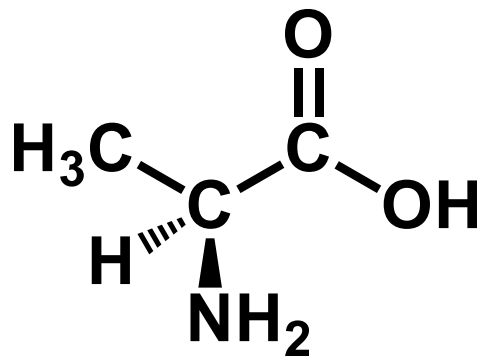
キラルなタンパク質が違いを見分ける

オレンジ!

嗅覚受容体 (タンパク質)

香り化合物を
感知

タンパク質は**キラルな分子**
(アミノ酸) でできている



(+)-L-アラニン
(天然アミノ酸の一つ)

(N:チツ素、O:酸素)

キラルなタンパク質が違いを見分ける

オレンジ!

嗅覚受容体 (タンパク質)

香りの化合物を

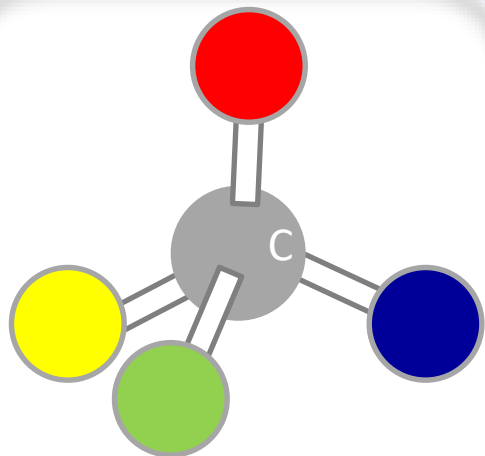
タンパク質
(アミノ酸)

**キラルな分子は
キラルな分子を見分けられる!**

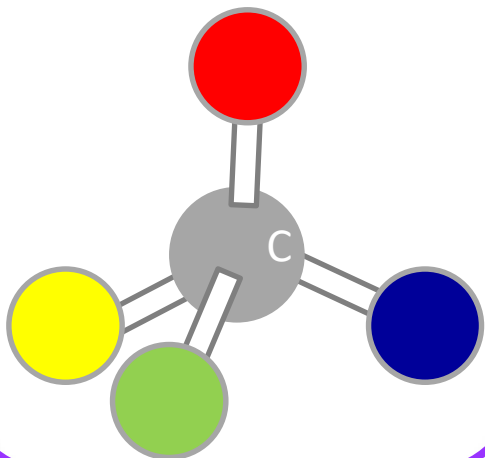


(N:チツ素、O:酸素)

キラルな分子を見分ける

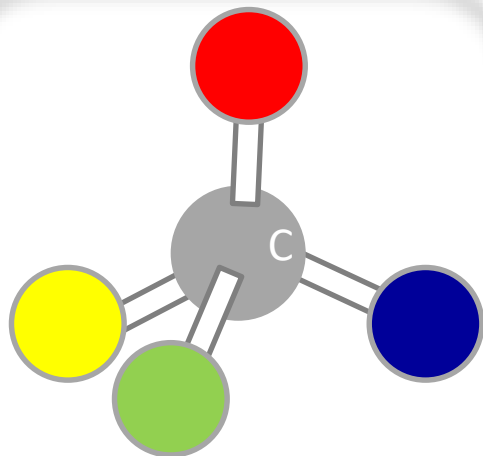


タンパク質
(同じ)

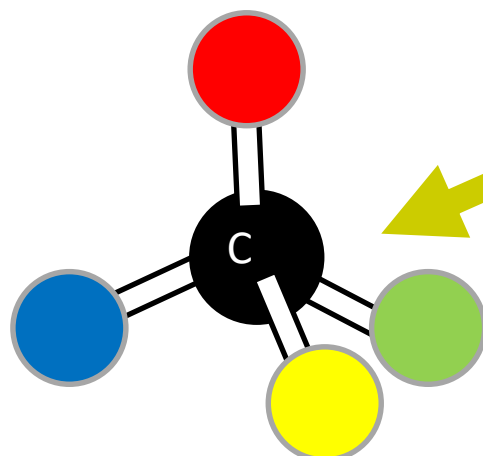
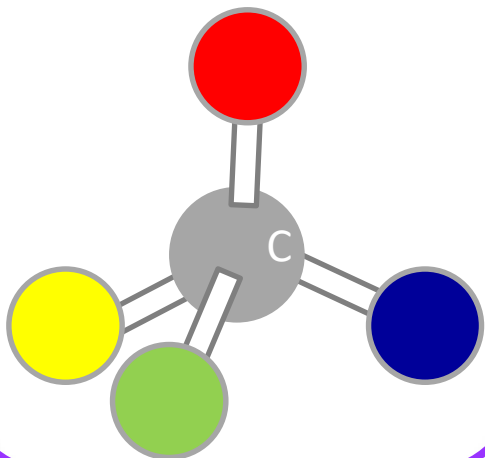


タンパク質の隣に
キラルな分子
(香りの成分)
を置いてみましょう

キラルな分子を見分ける



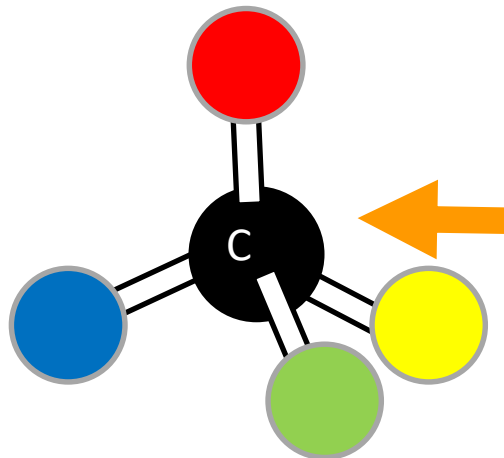
タンパク質
(同じ)



キラルな分子
(香りの成分)

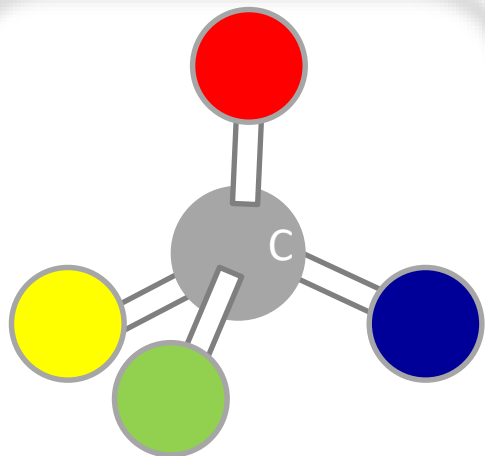
鏡写し

赤を上にして
青どうしを
つけてみると…

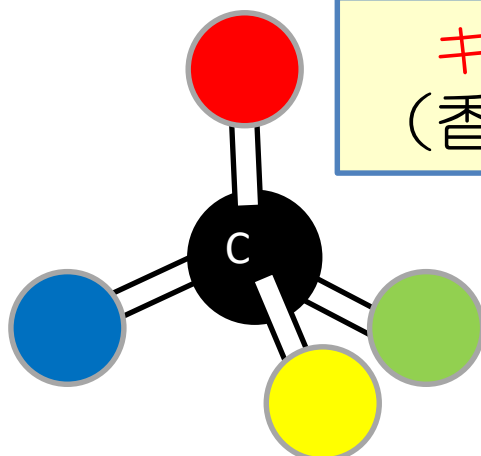
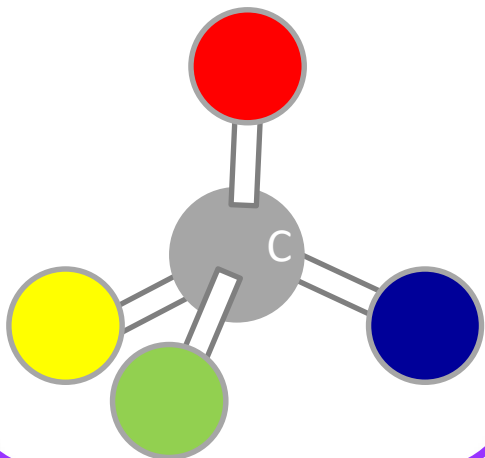


キラルな分子
(香りの成分)

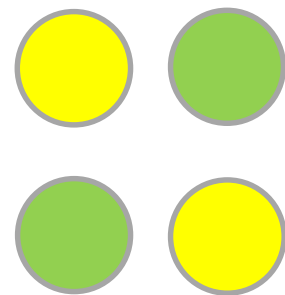
キラルな分子を見分ける



タンパク質
(同じ)



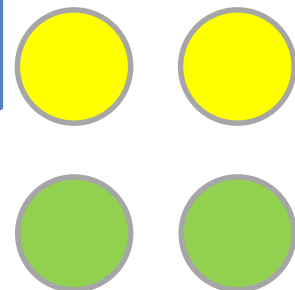
キラルな分子
(香りの成分)



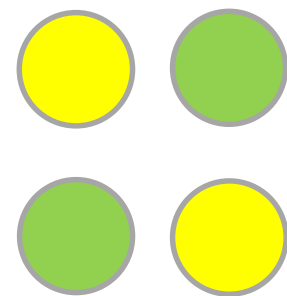
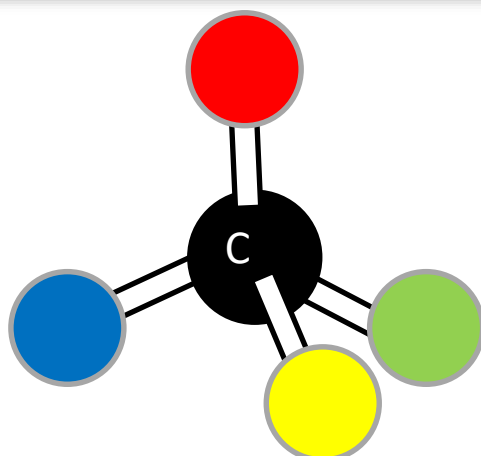
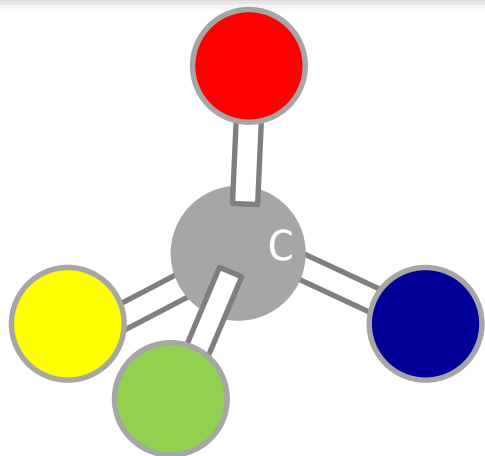
鏡写し

相対的な位置
が違う！

キラルな分子
(香りの成分)



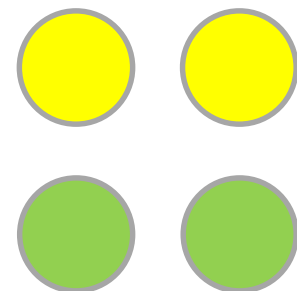
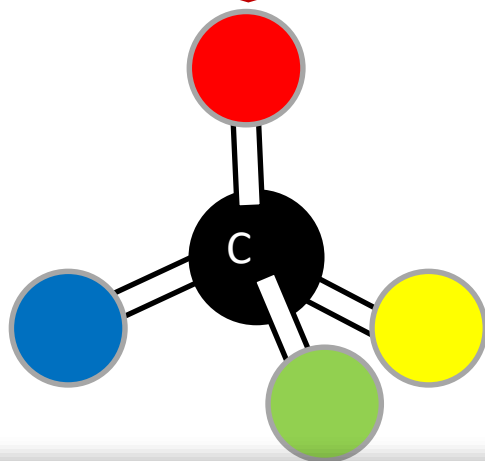
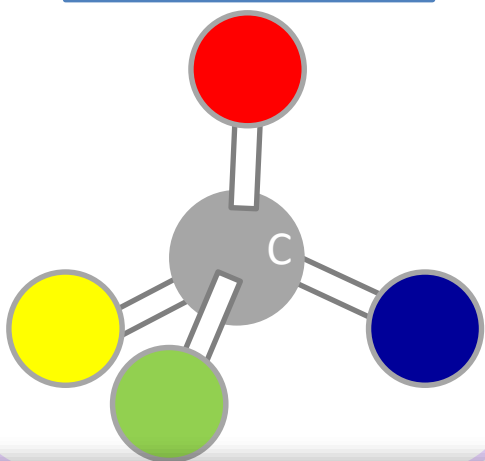
キラルな分子を見分ける



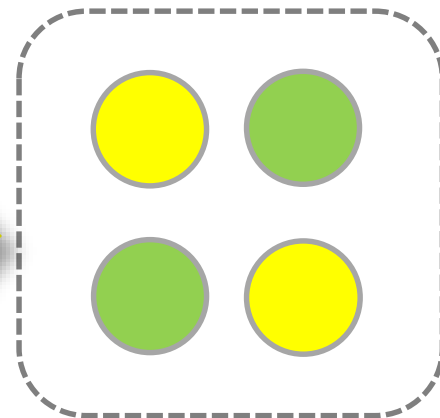
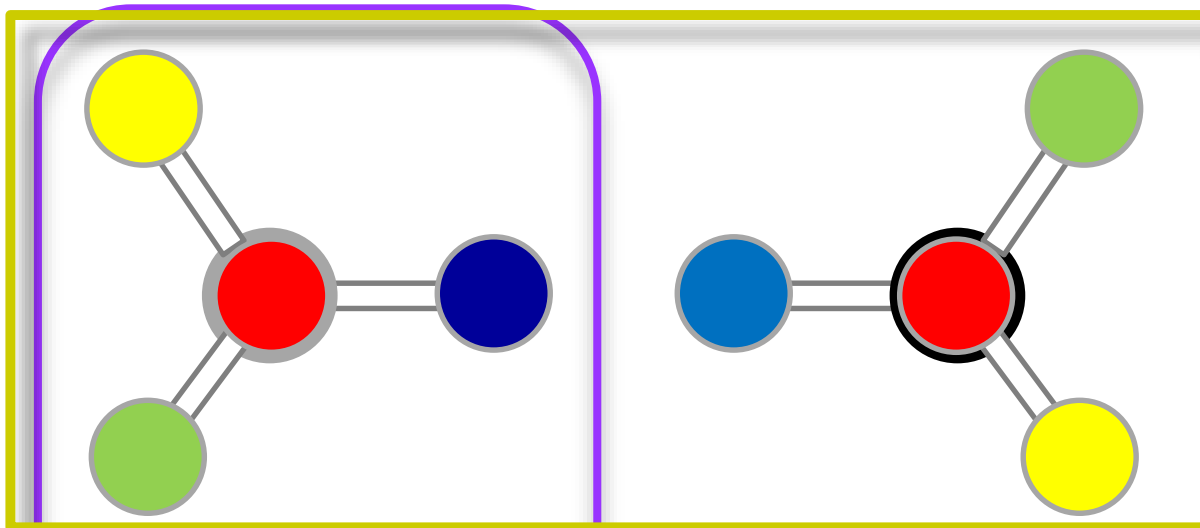
タンパク質
(同じ)

鏡写し

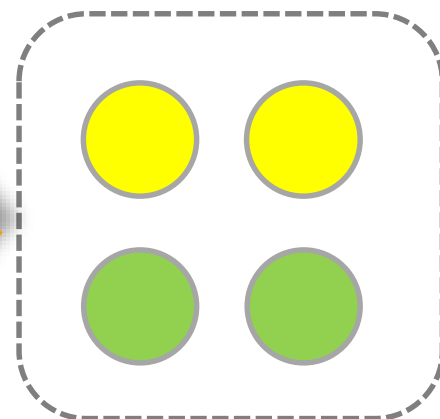
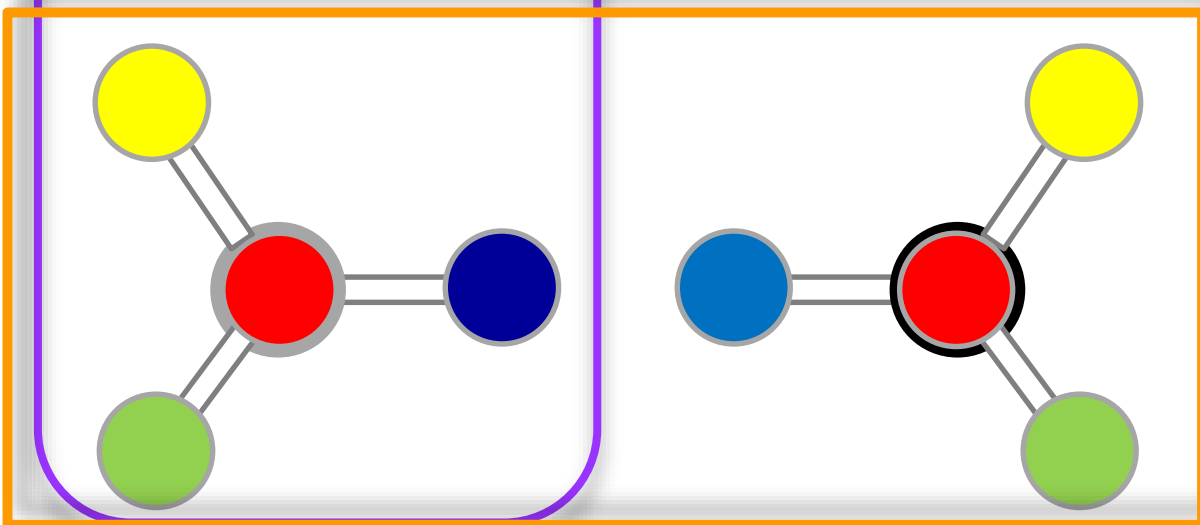
相対的な位置
が違う！



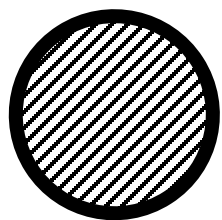
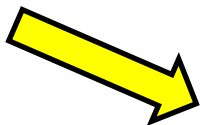
キラルな分子を見分ける



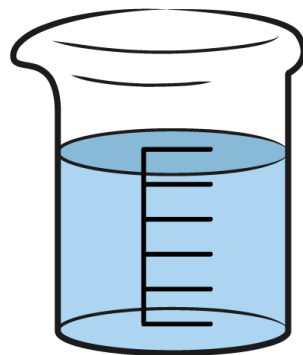
— 上から見ると、黄色と緑の位置関係が違う！ —



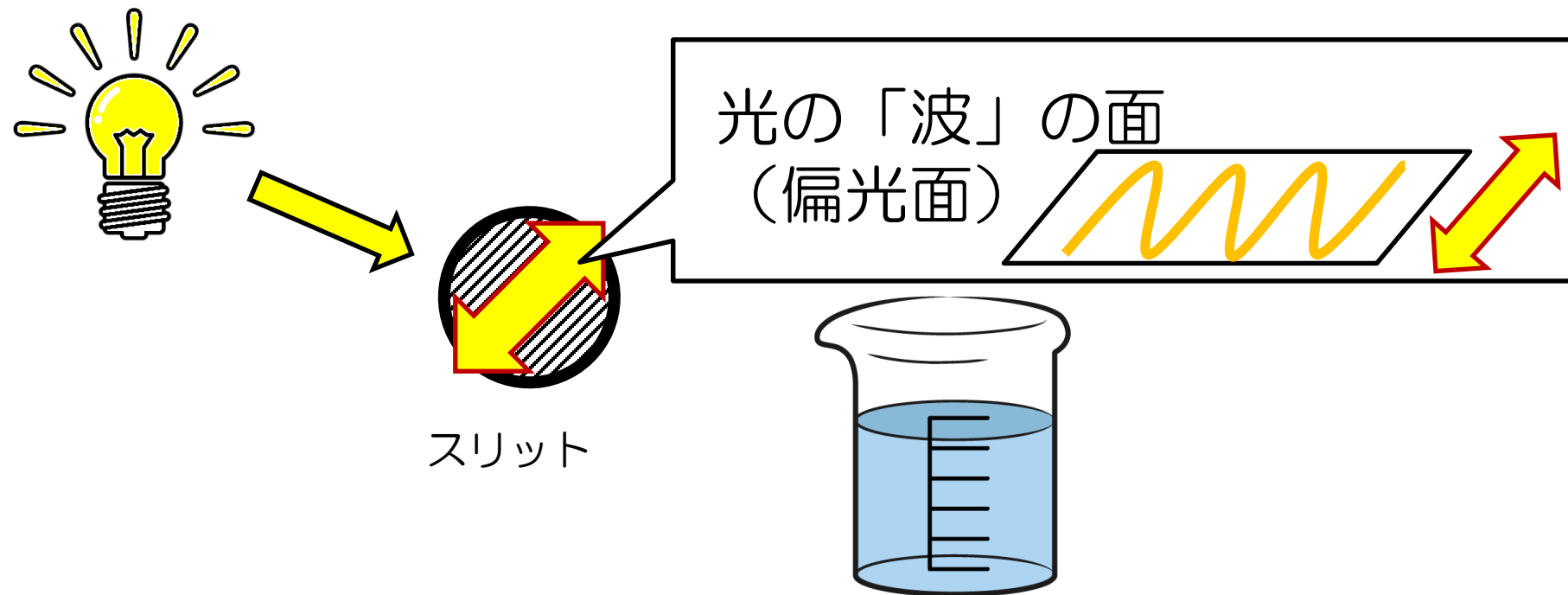
キラルな分子は光を回せる!?



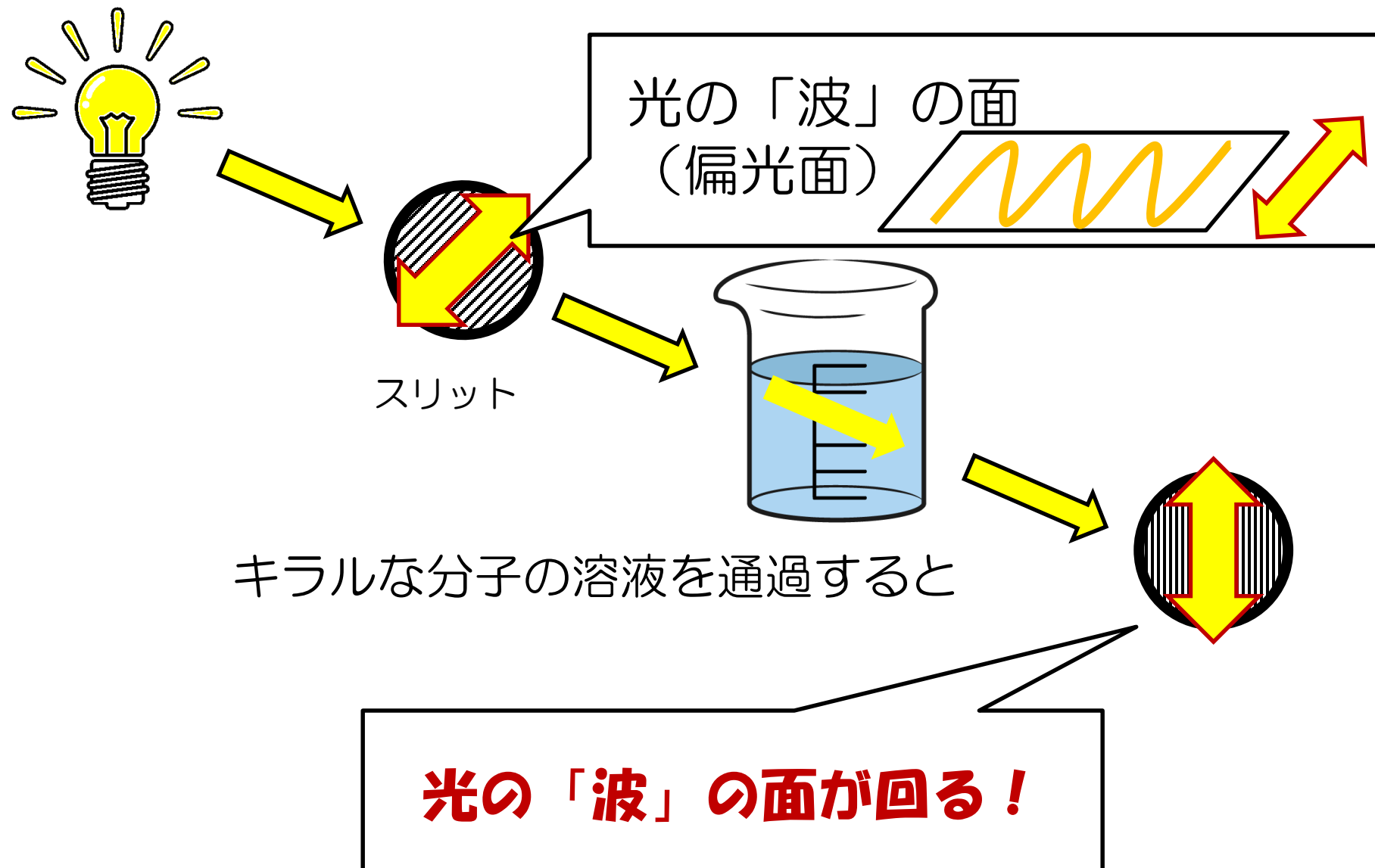
スリット



キラルな分子は光を回せる!?



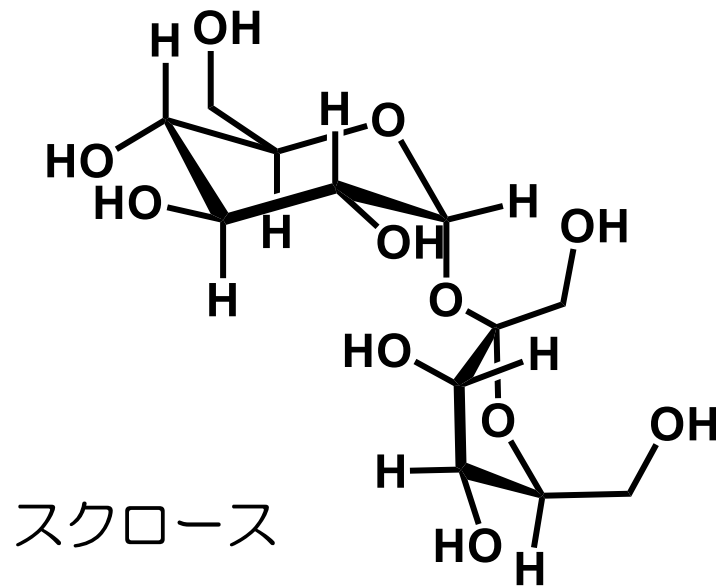
キラルな分子は光を回せる!?



実験3：光を回して甘さを測ろう

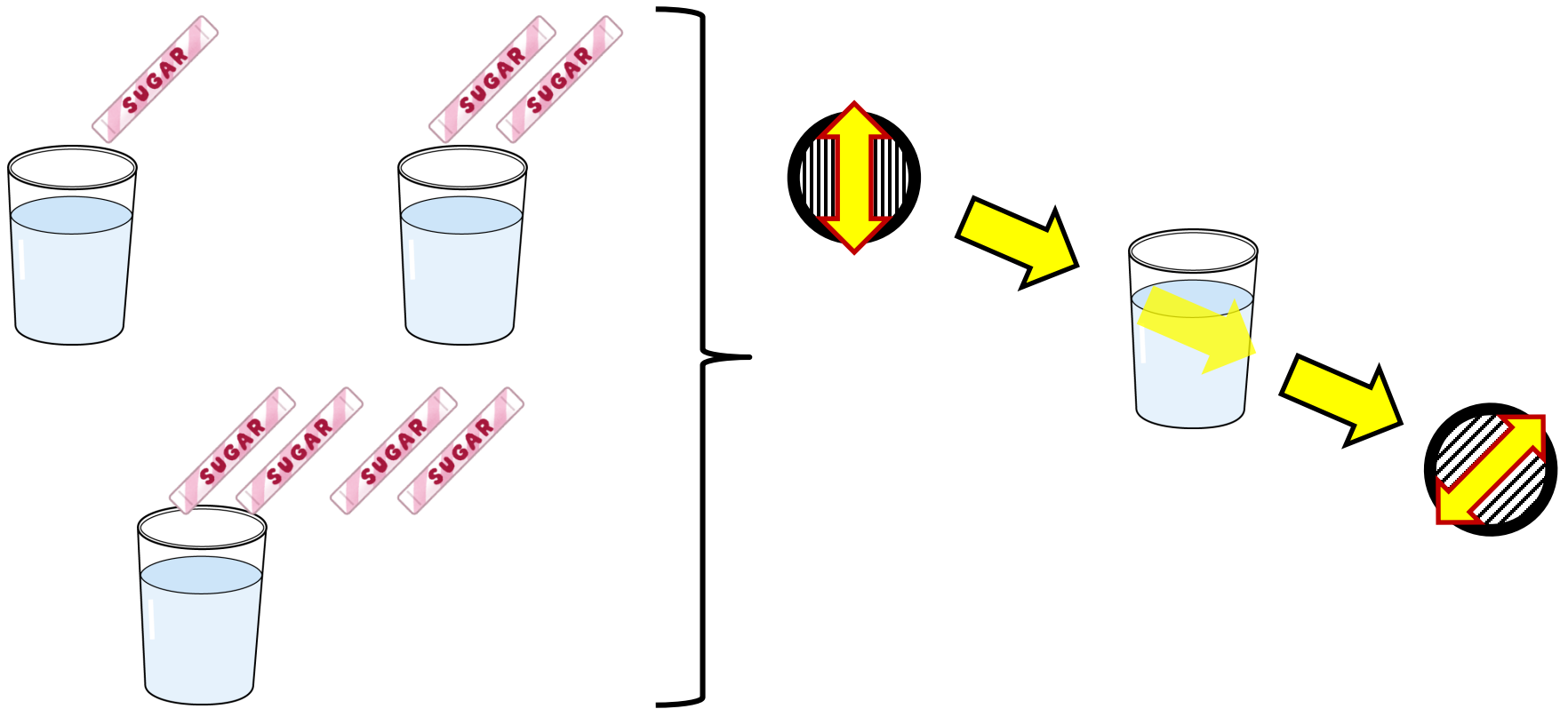


スティックシュガー
：シヨ糖（スクロース）
・・・キラルな分子



実験3：光を回して甘さを測ろう

(グループ実験)

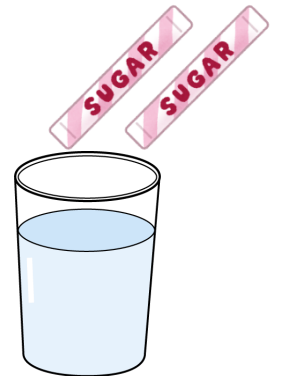


いろいろな濃度の砂糖水を作って、
旋光度（光が回る度合い）を測ろう

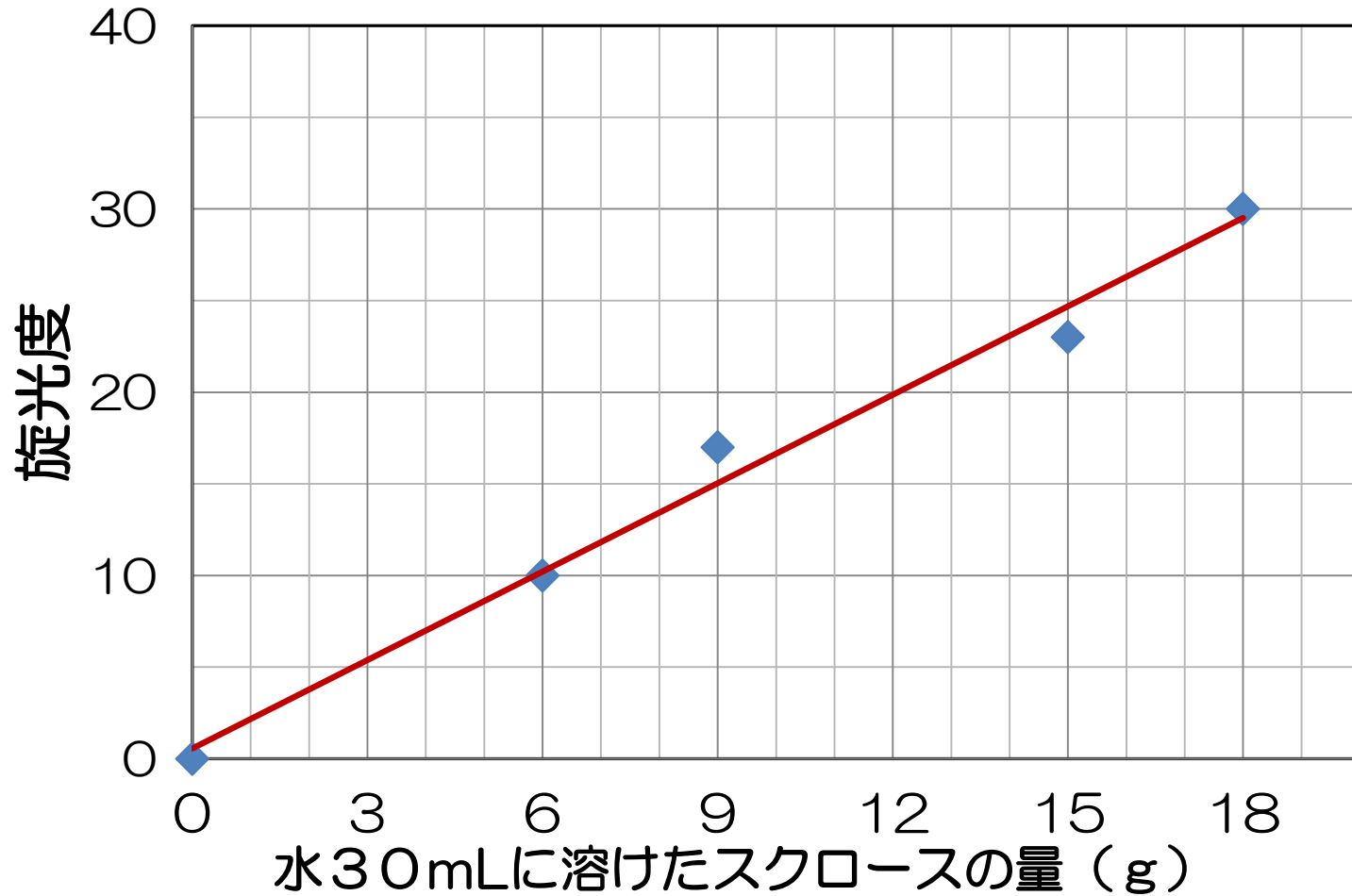
実験3：光を回して甘さを測ろう

（グループ実験）

- 1) 水30mLにスティックシュガー（1本あたりスクロース3g）を数本溶かして、いろいろな濃度の砂糖水を作ろう
- 2) 水では光が回らない（旋光度0）ことを確かめよう
- 3) 作った砂糖水の旋光度を測ろう
- 4) グループで旋光度のグラフを作ろう
- 5) “未知”の砂糖水の濃度を旋光度で当てよう！

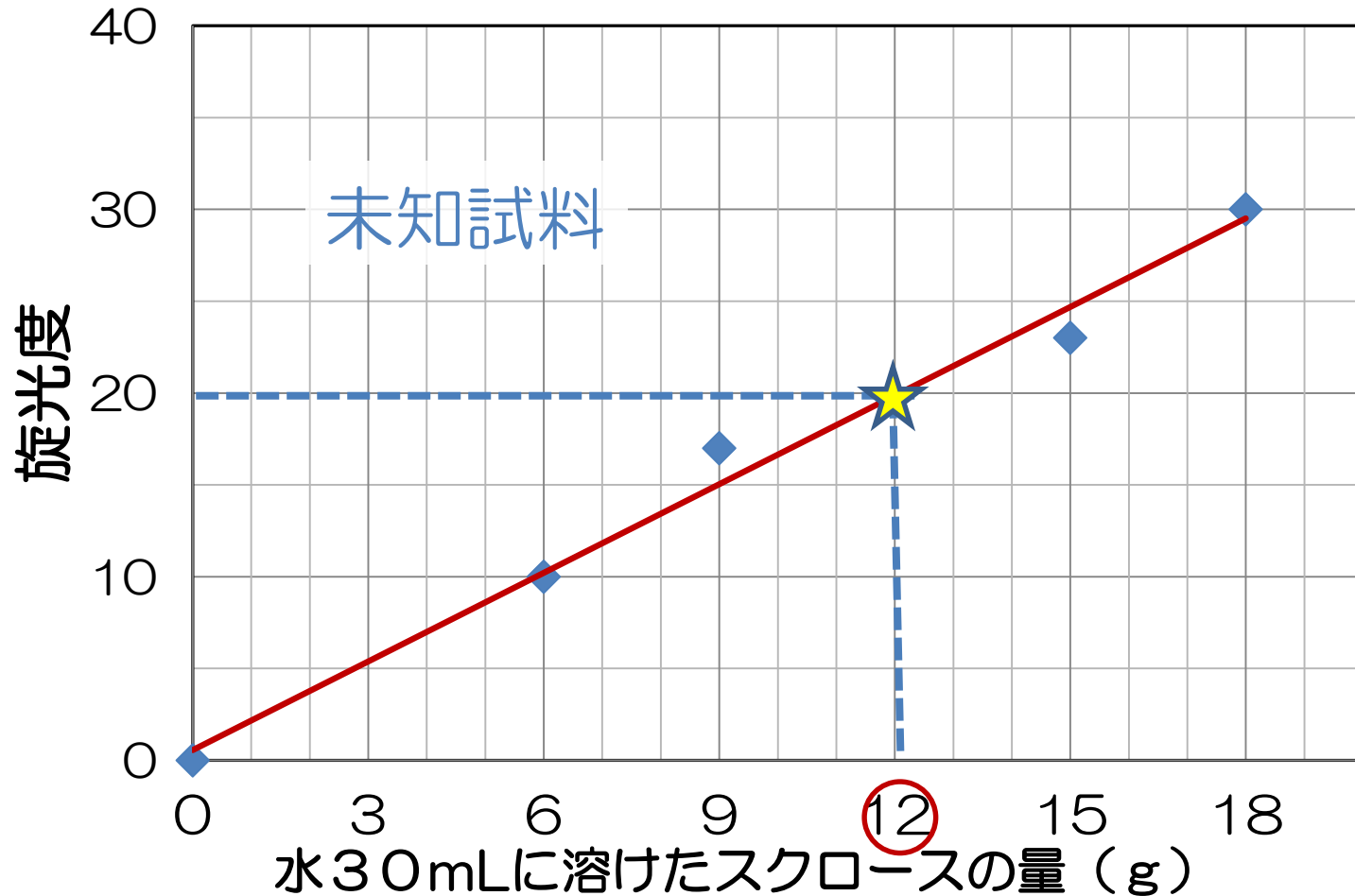


実験3まとめ：光が回る



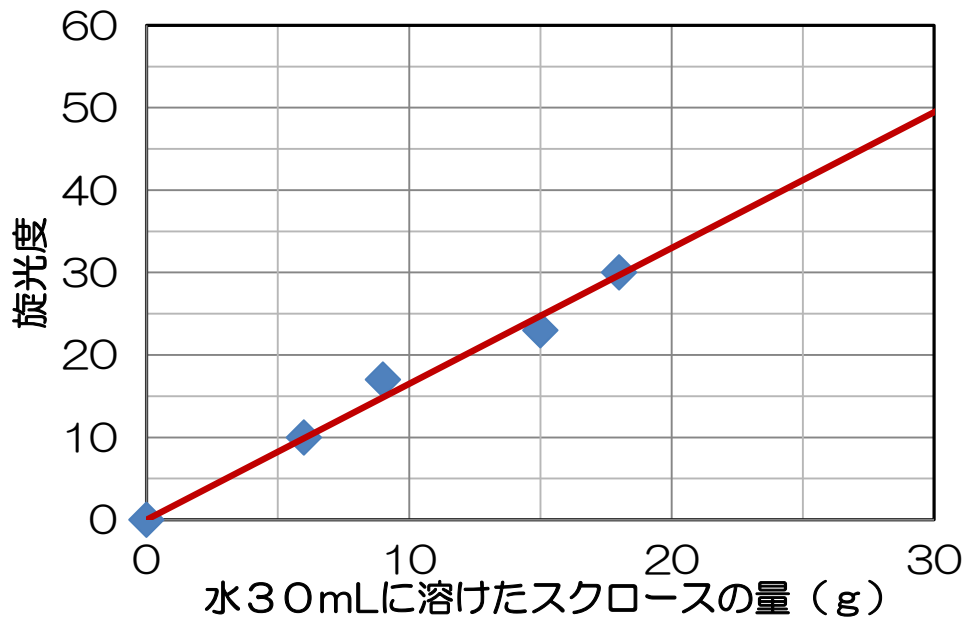
旋光度は溶液の濃度に比例する

実験3まとめ：光が回る



実際に、旋光計は糖度計として使われています

実験3まとめ：光が回る



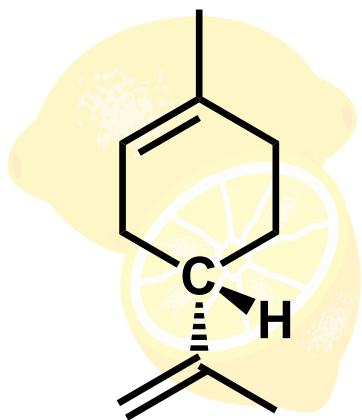
スクロース（ショ糖）の比旋光度

$$[\alpha]_D^{20} = +66.3\sim 66.7$$

20°Cの1g/mL溶液を測定した際の旋光度（光源：ナトリウムD線）

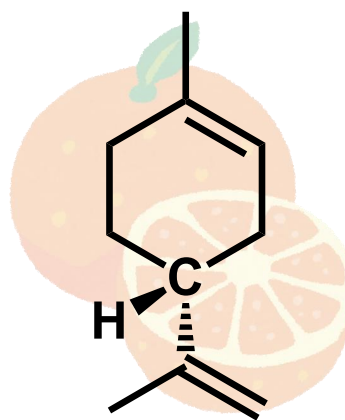
鏡写しの分子と光を回す向きが違う（絶対値は同じ）

比旋光度は分子固有の値



(-)-リモネン
-112
(反時計回り)

10g/mL
エタノール中



(+)-リモネン
+112
(時計回り)

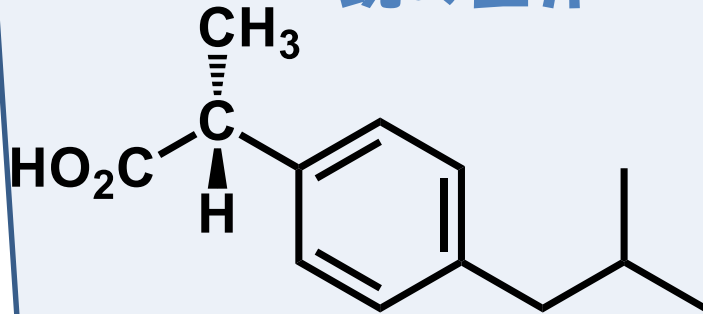
10g/mL
エタノール中

鏡の世界は効き目が違う！？

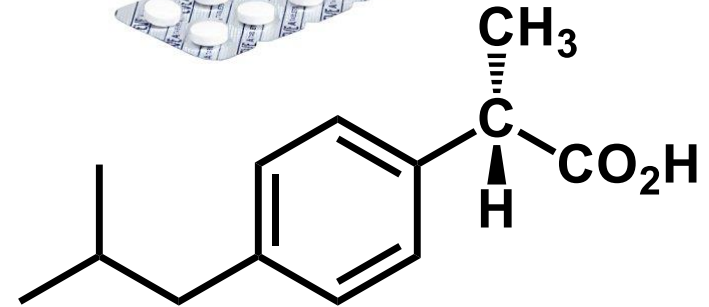
イブプロフェン



鏡の世界



(-) -イブプロフェン
薬効なし



(+) -イブプロフェン
消炎鎮痛効果

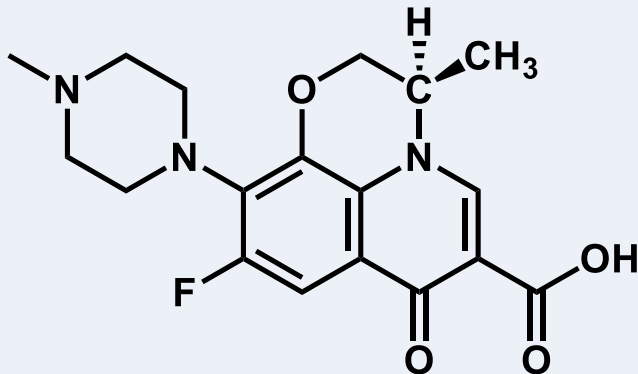
- (+) 体と (-) 体との等量混合物として市販されている。
- 副作用がないため
 - 体内で (-) 体が (+) 体へ変わるため

鏡の世界は効き目が違う！？

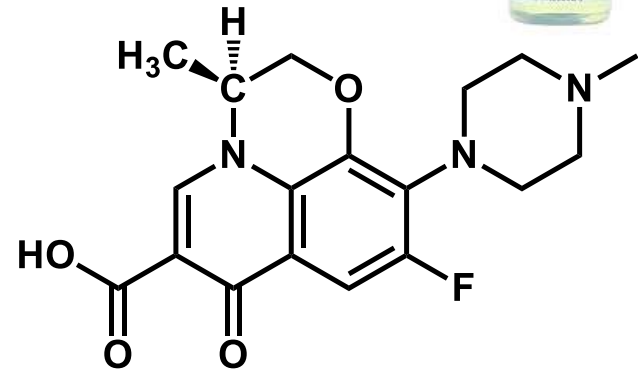
レボフロキサシン((-)ーオフロキサシン)



鏡の世界



(+)ーオフロキサシン
低活性、軽い不眠作用



(-)ーオフロキサシン
2倍の抗菌活性

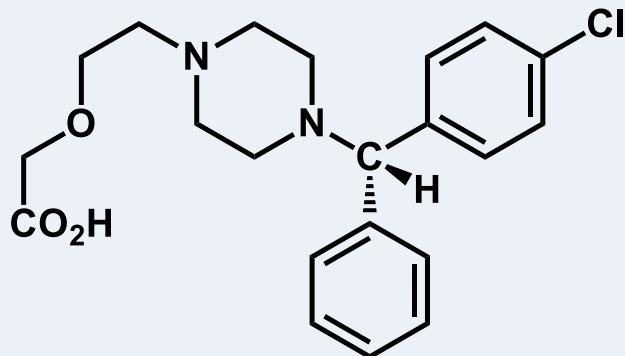
(+)体と(-)体との等量混合物として市販されているが、近年、その改良版として(-)体のみが販売されている。

鏡の世界は効き目が違う！？

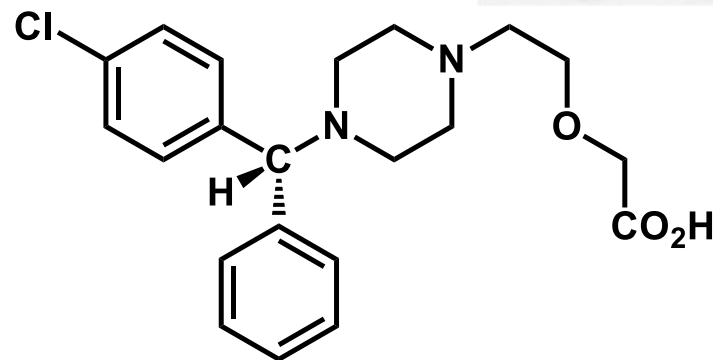
レボセチリジン((-)セチリジン)



鏡の世界



(+)セチレジン
低活性、眠気



(-)セチレジン
抗ヒスタミン薬

(+)体と(-)体との等量混合物として市販されているが、近年、その改良版として(-)体のみが販売されている。

片方のキラル分子だけを作りたい！

有機化学で片方だけを作る!!!

1983-2003年に

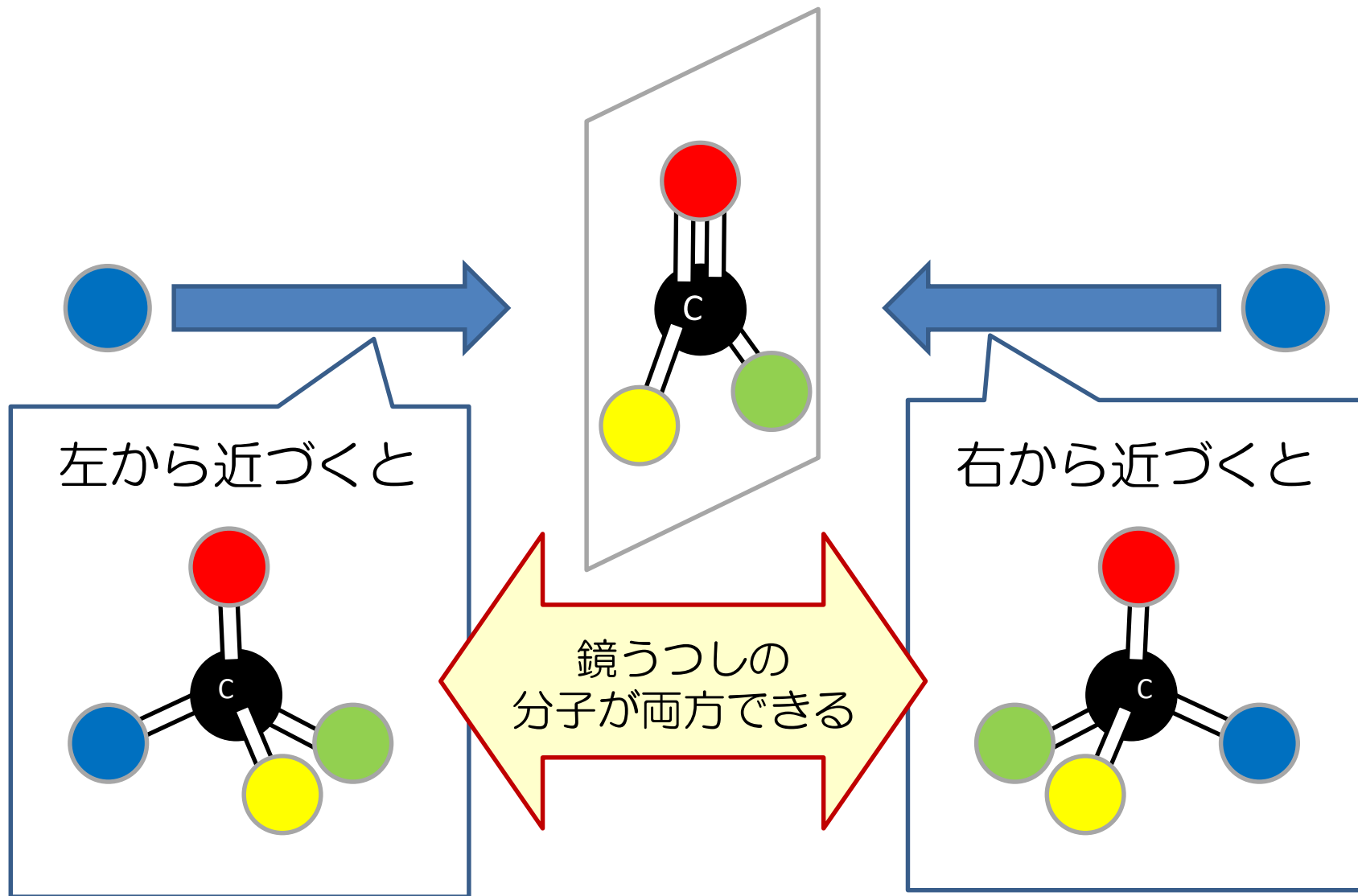
世界で新しく上市された医薬品 830品目

そのうち有機合成医薬品 603品目 (73%)

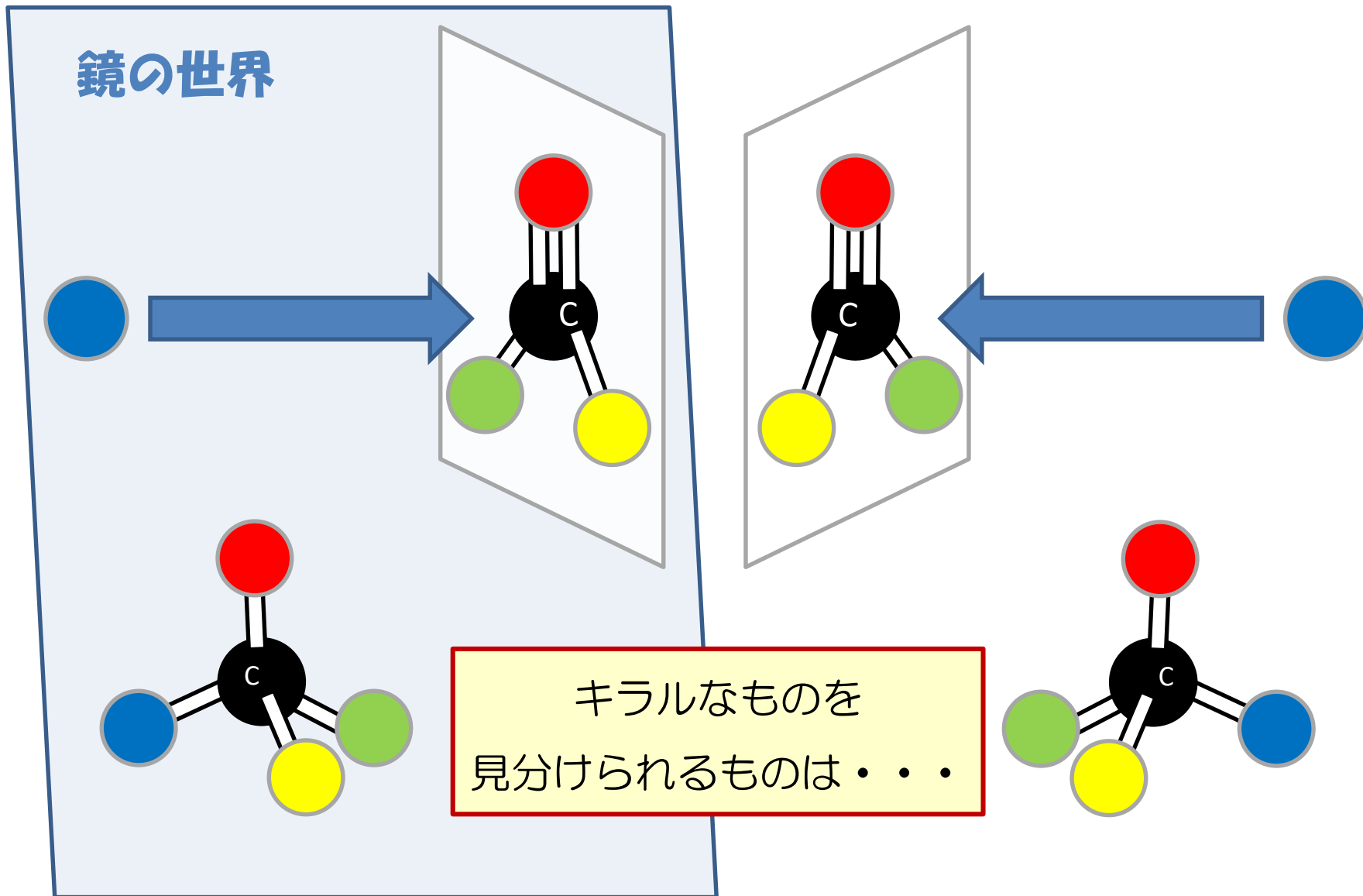
キラルな構造を持つ医薬品 330品目

片方のキラル分子だけの医薬品 159品目

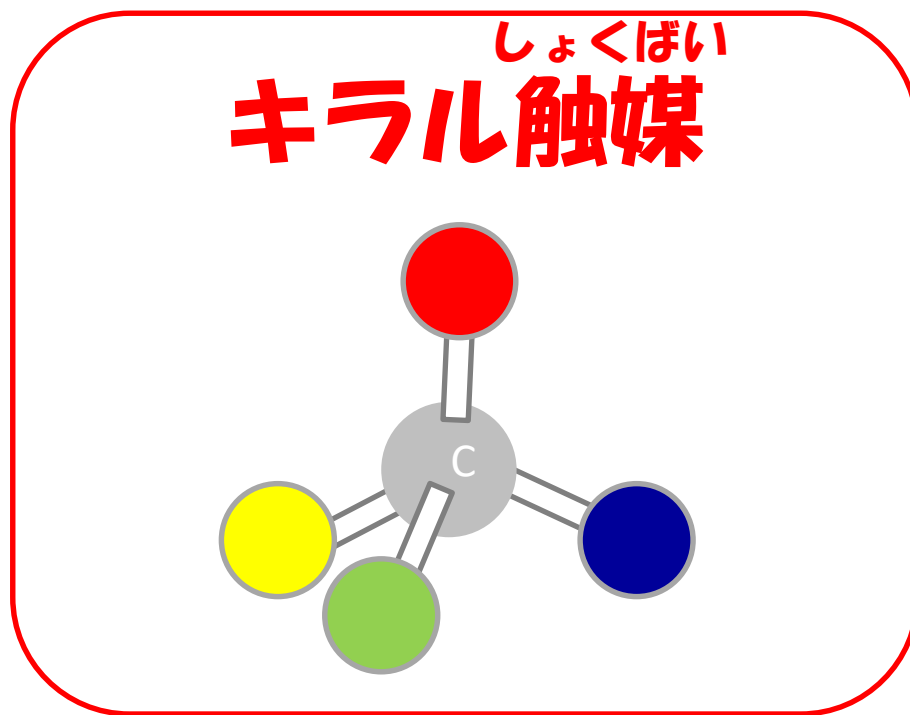
鏡うつしの分子ができる反応



鏡うつしの化学反応



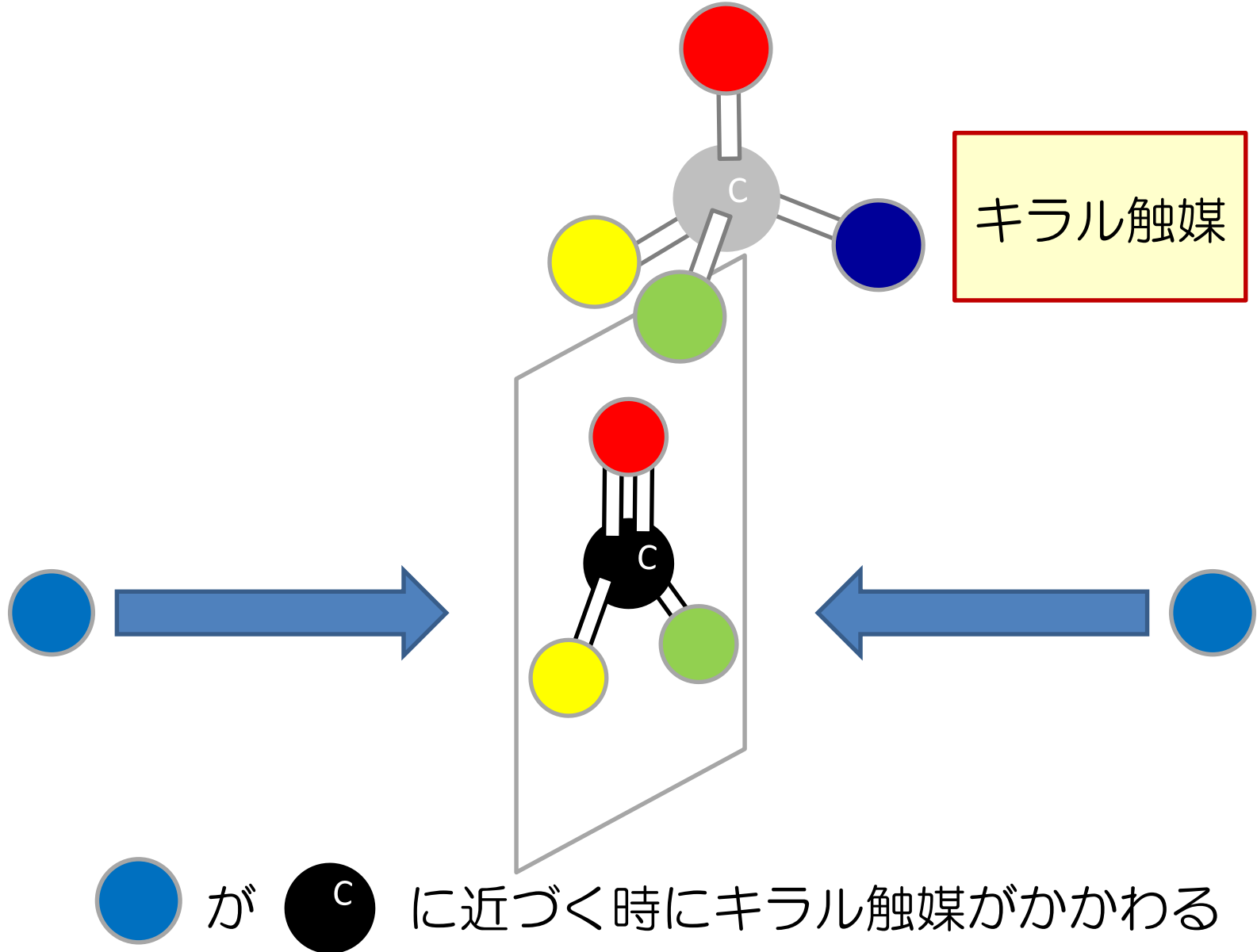
欲しい分子だけ作る、キラル触媒！



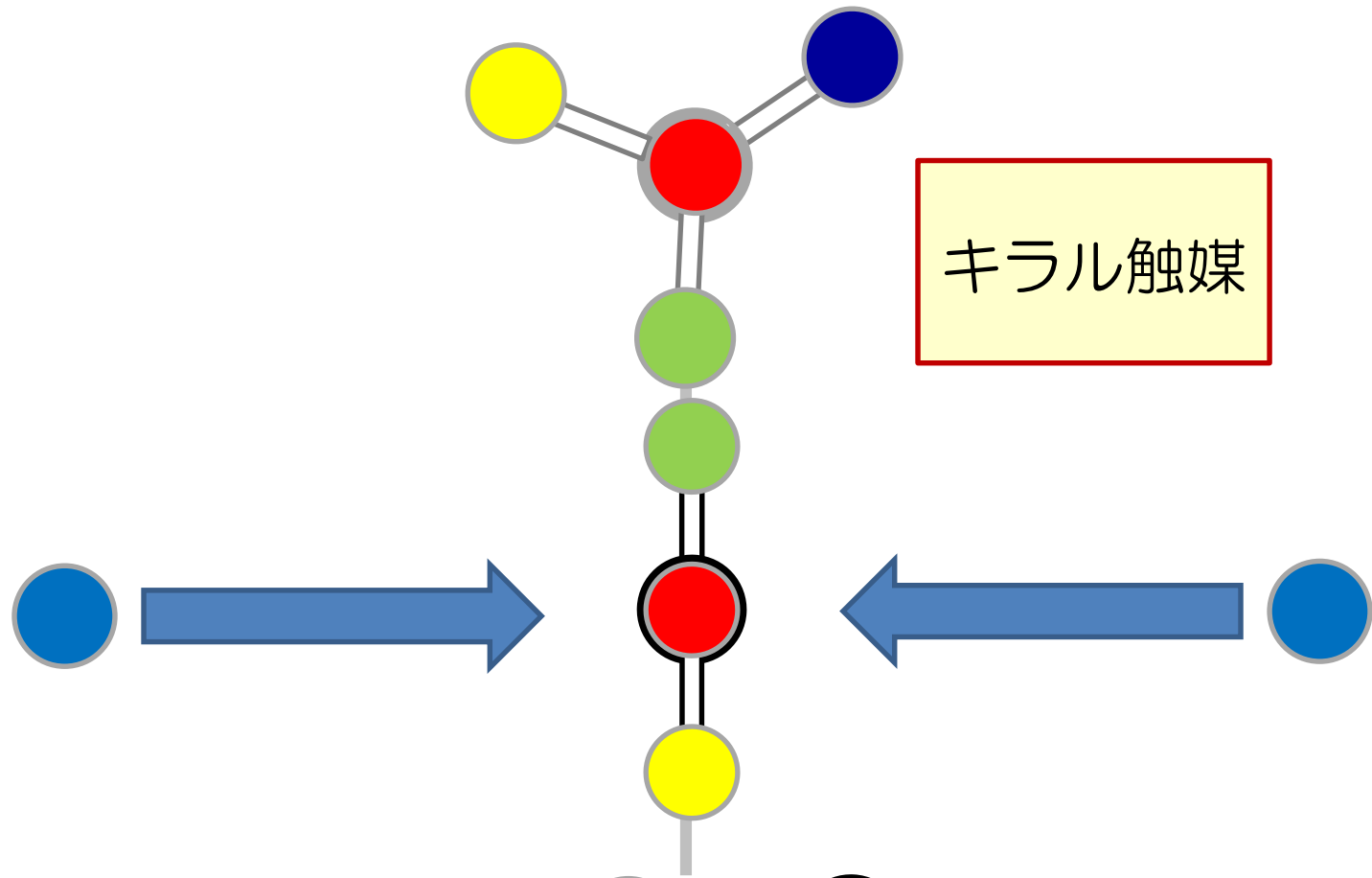
触媒：反応を速く進める分子・物質

キラル触媒：片方のキラル分子ができる反応を進ませるようになる

どちらかだけ作るには？

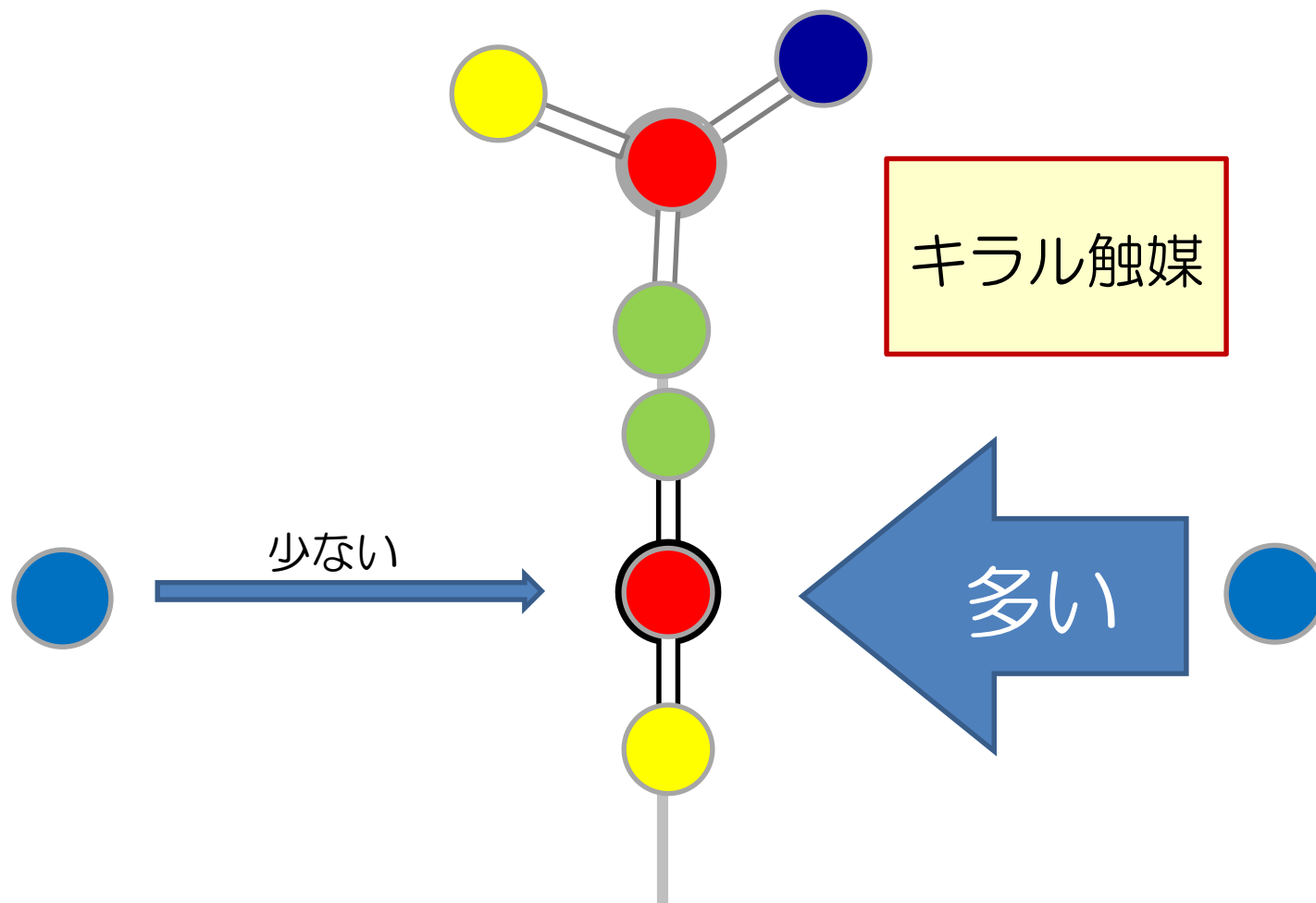


キラル触媒は見分けられる



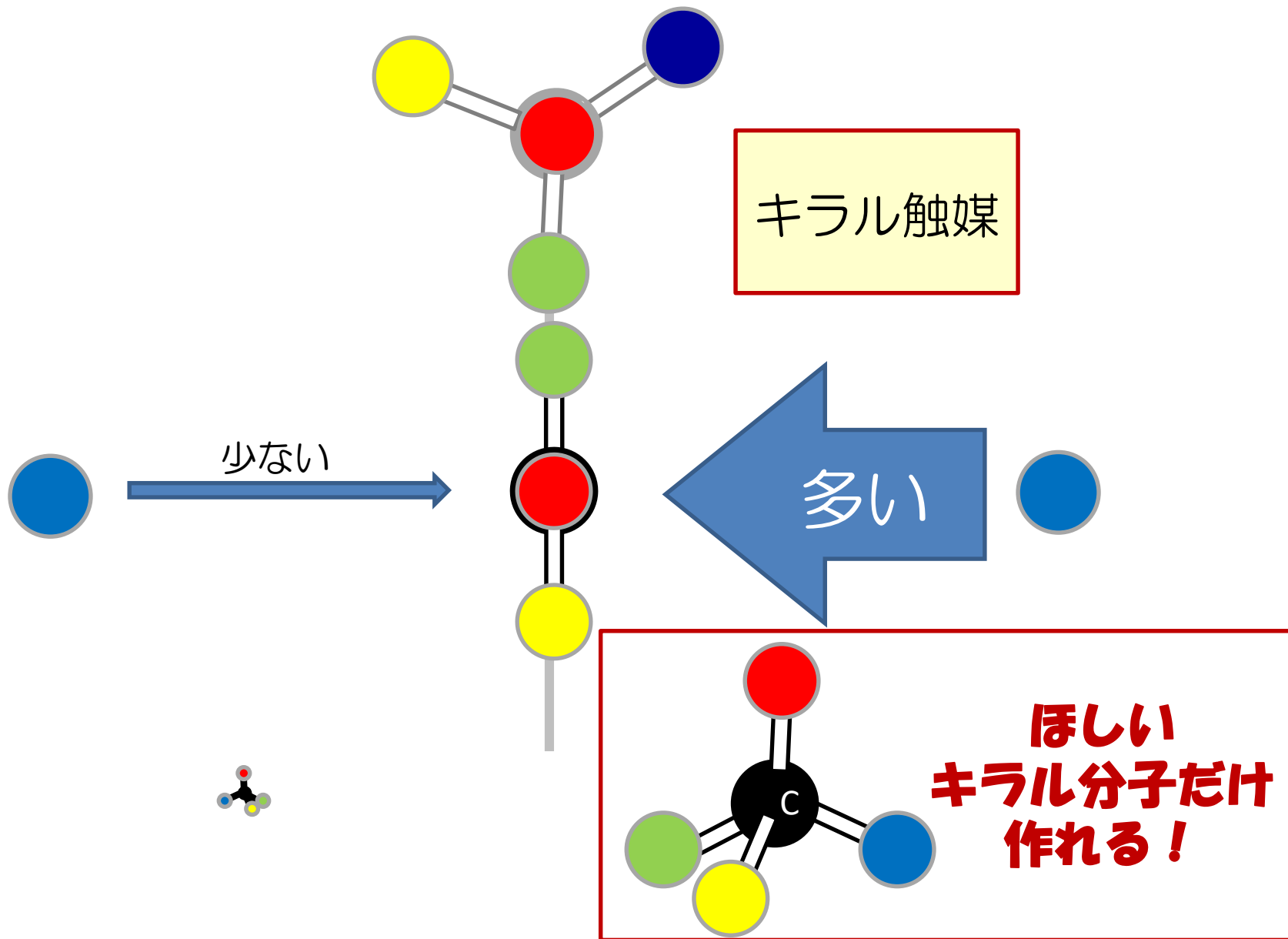
上から見ると、 が  に近づく時に
キラル触媒の  と  の位置関係が違う
(近づく向きを見分けられる！)

キラル触媒は望みの反応を速くする

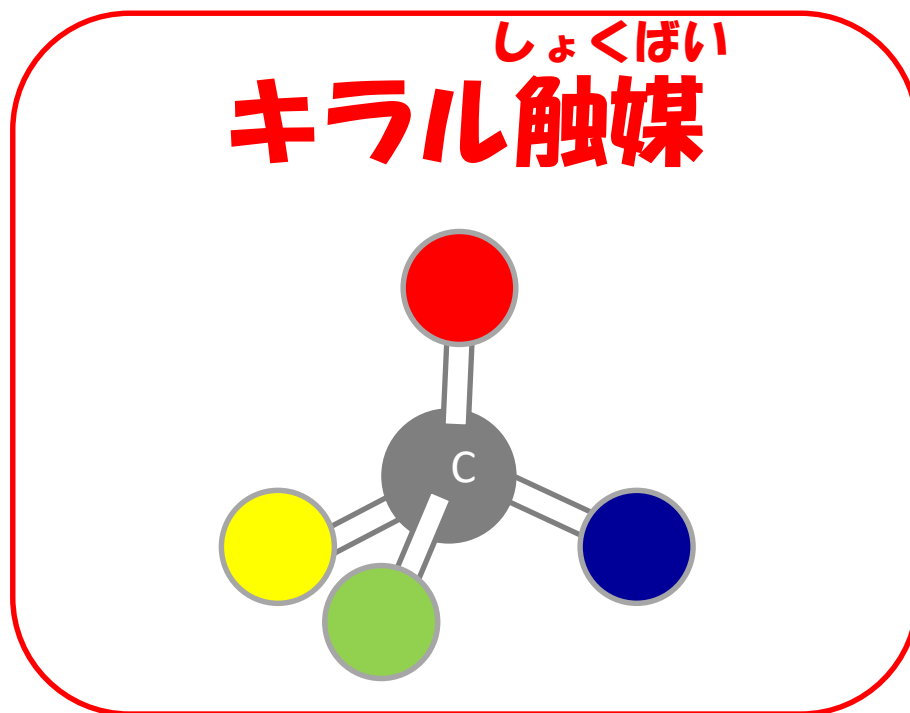


キラル触媒の ● 側から近づいたほうが多ければ・・

キラル触媒は欲しいキラル分子を作る



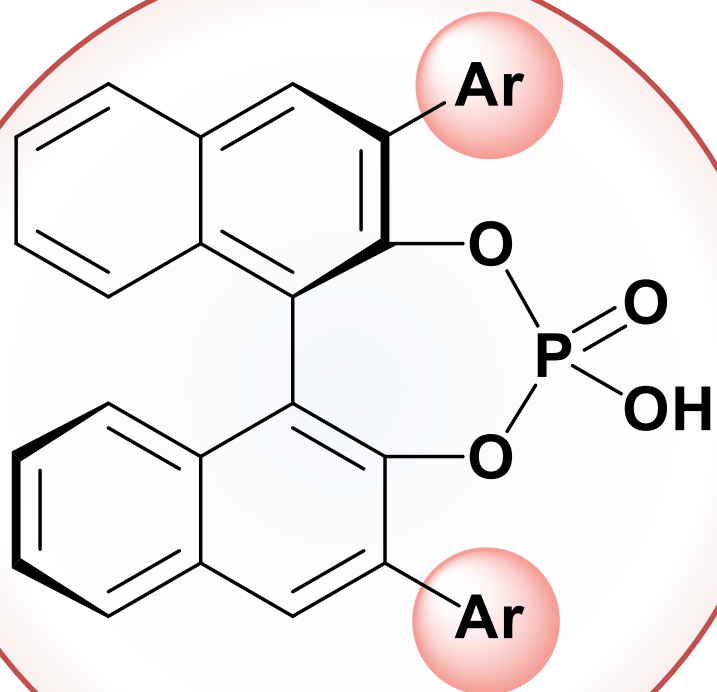
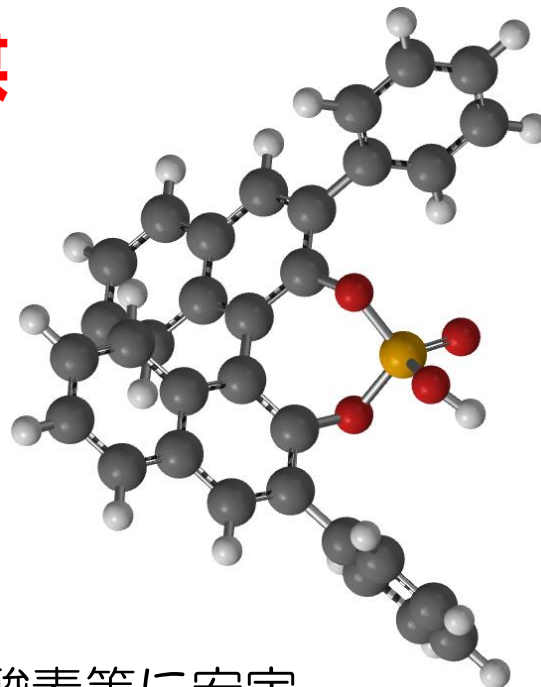
欲しい分子だけ作る、キラル触媒！



今までにない「究極の」キラル触媒を生み出す！！

寺田研究室が開発したキラル触媒

基質認識型Brønsted酸触媒 キラル・リン酸触媒

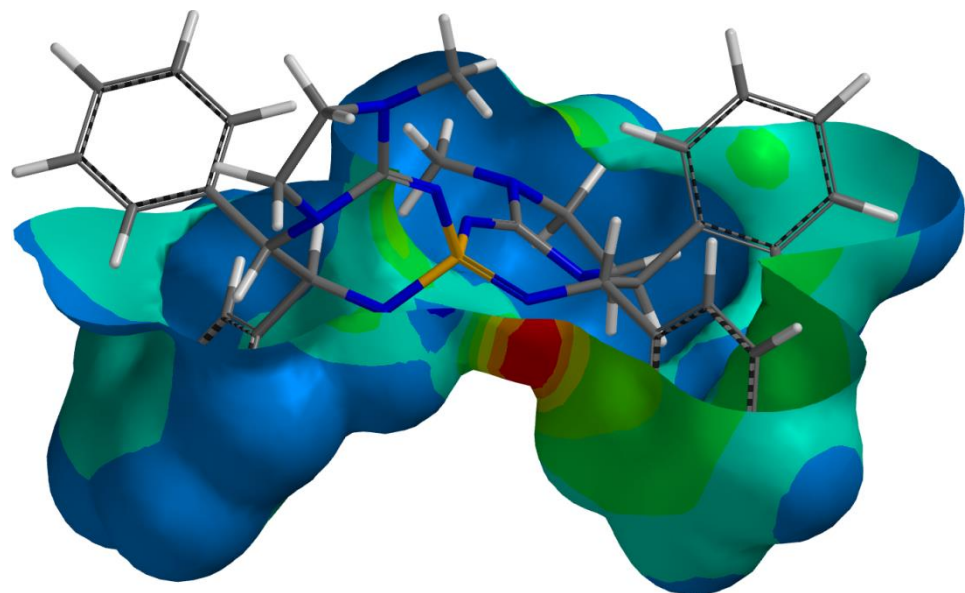
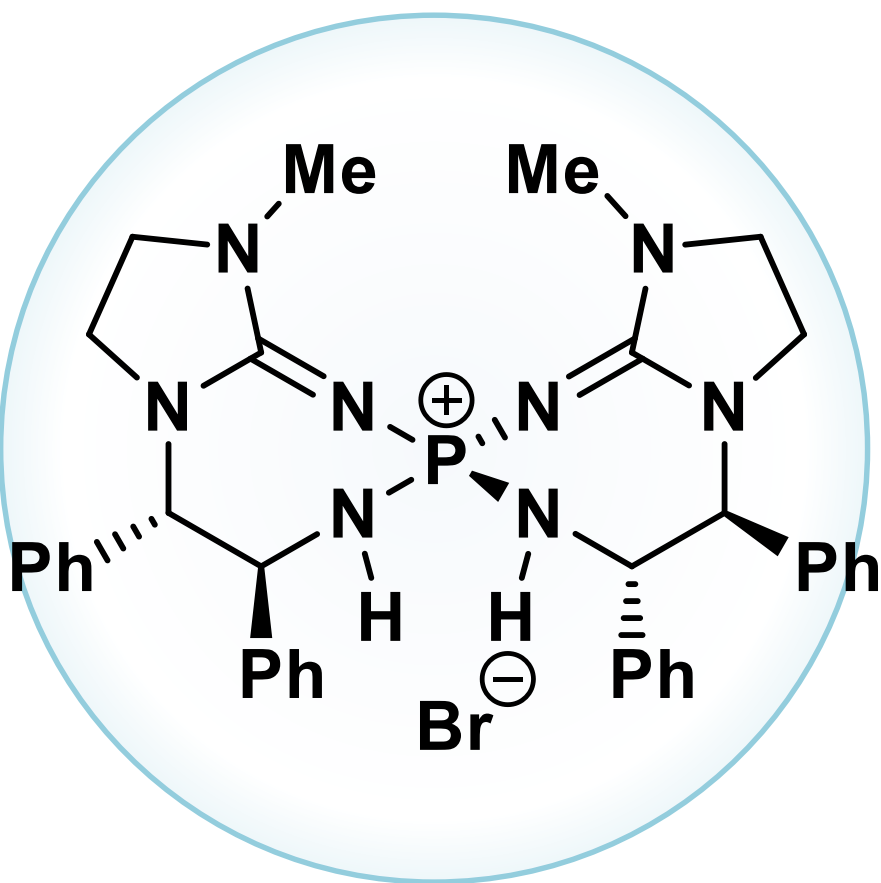


(P:リン)

- 水、酸素等に安定
- 取り扱いが容易
- 安価で入手が容易
- 低分子量でも酵素以上の働きが可能
- 低毒性
- 生成物への金属の残留無し
- 現在世界中で利用されている！

寺田研究室が開発したキラル触媒

世界最強のキラル有機塩基触媒



赤：負電荷、緑：中間、青：正電荷

- 世界最強の塩基によってのみ可能な化学反応を達成！

まとめ：有機化学の使命

有機化学
～「モノづくり」の原点～

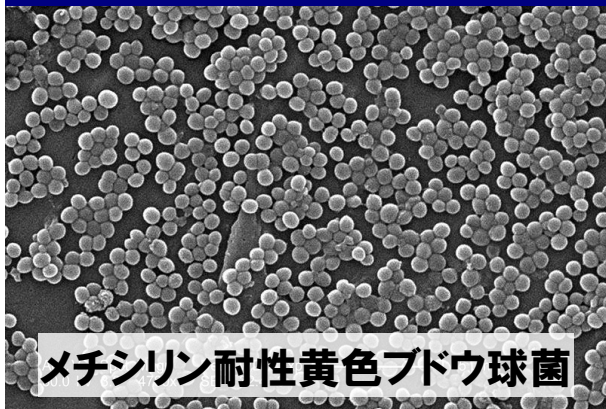
有用物質合成

医薬品・ファインケミカル・
農薬・機能性材料など

高度文明社会
に大きく貢献

人類の幸福

MRSA/VREによる院内感染



メチシリン耐性黄色ブドウ球菌

新型インフルエンザの脅威 (2009年)



リネゾリド (合成医薬品)
(MRSA/VRE治療薬)



タミフル (合成医薬品)
(インフルエンザ治療薬)

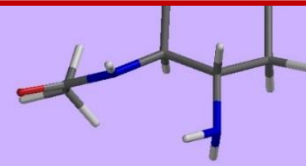
まとめ：有機化学の使命

君たちが自身が創りだした
分子で世界を変えてみないか

君にもできる！



リネゾリド（合成医薬品）
（MRSA/VRE治療薬）



タミフル（合成医薬品）
（インフルエンザ治療薬）

プロモーションビデオ

Promotion Video:

<https://www.youtube.com/channel/UCUxojms7pbhB1S2PecQCP9A>

*Department of Chemistry
Graduate School of Science
Tohoku University*

化学科ホームページ : <http://www.chem.tohoku.ac.jp/>

「化学科・化学専攻チャンネル」

PROMOTIONAL MOVIE でご覧いただけます。

ありがとうございました。

分子模型と香り試験紙はおみやげにお持ち帰り

ください（ぜひお部屋に飾ってください！）

お気をつけてお帰りください

またどこかで会いましょう！！