

くらしの化学 5月26日

II 生命を支える物質

8章 簡単な有機化合物

9章 脂質

10章 糖質

11章 アミノ酸とタンパク質

12章 核酸とATP

担当: 前田史郎

工学部生物応用化学科物理化学グループ

URL <http://acbio2.acbio.fukui-u.ac.jp/phychem/maeda>

教科書：「現代の生活と物質」

著 者： 西口 毅 山口大学名誉教授

URL：<http://po.cc.yamaguchi-u.ac.jp/~nishiguc/index.html>

<http://www2.to/chemistry>

お願い

大教室における，多人数での授業ですので，お互いに気持ちよく過ごせるように，私語はしないで下さい．授業内容に関する質問等は，担当教員に大きな声でお聞き下さい．授業の妨げになると判断した場合は，学年氏名等を確認した上で退場していただきます．私語をするほど退屈な授業でしたら自主的に退室して，授業の後で，担当教員にお申し出下さい．

8章 簡単な有機化合物

8.1 有機化合物の特徴

8.2 官能基による有機化合物の分類

8.3 炭化水素

8.4 アルコール

8.5 エーテル

8.6 アルデヒドとケトン

8.7 カルボン酸

8.8 アミン

8.9 染料

8 簡単な有機化合物

- 有機化合物と無機化合物の違いについて述べよ。
- 有機化合物と無機化合物を簡単に見分けるにはどうすればよいか。
- 有機化合物の数が多いのはなぜか。
- 官能基の名称と化学式を10種類書け。
- 酸化還元反応、特に有機化合物の酸化還元反応の定義を述べよ。
- メタノールはエタノールよりも毒性がはるかに強い。なぜか。
- エタノールの反応を3種類、化学式を書いて示せ。
- エタノールにはなぜ消毒作用があるのか。
- 酸味はどのような化学種の味か。また、食酢がすっぱいのはなぜか。
- 魚は、新鮮なうちは臭いが弱い、古くなると生臭くなる。なぜか。

9章 脂質

9.1 立体異性

9.2 幾何異性と目が光を感じるしくみ

9.3 光学異性

9.4 脂質の脂肪酸成分

9.5 肥満と抗肥満薬

9.6 硬化油

9.7 リン脂質と二分子膜

9.8 フェロモン

9.9 ステロイドとドーピング

9.10 ビタミンD

9 脂質と立体異性体

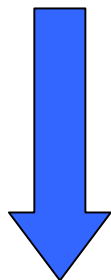
- 立体異性体どうしでは生物に対する作用 (味、薬理作用など) が異なることが多い。その理由を生体物質の構造的特色から推定せよ。
- 動物の目が光の明暗を知覚するのは、視物質のどのような変化によるものか。
- 生体内での脂肪の機能 (役割) を3つ述べよ。
- 人体内での脂肪の貯蔵法を2つに分類しそれぞれに説明をつけよ。
- マーガリンはどのような方法で作られるのか。また、マーガリンが固体である (融点が高い) 理由を述べよ。
- ステロイドについて知っていることを述べよ。ステロイドホルモンにはどのようなものがあるか。

8章 簡単な有機化合物

8.1 有機化合物の特徴

19世紀初めまで

有機化合物は生物のみが作るもの

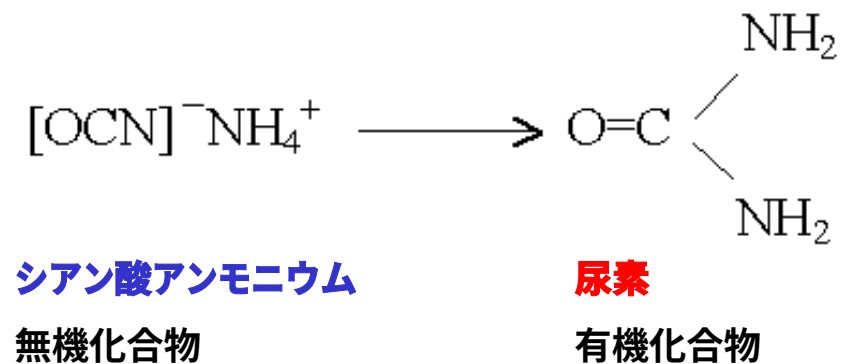
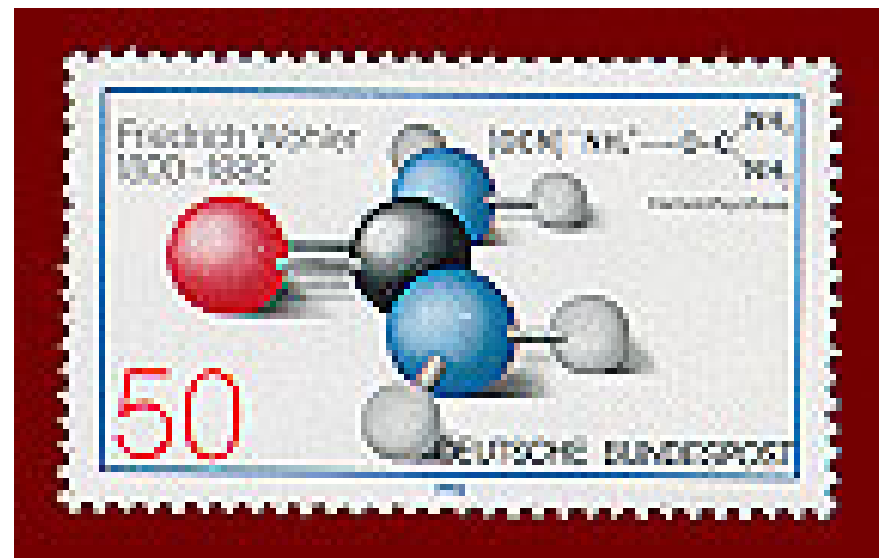


1828年 ウェーラーがシアン酸アンモニウムから尿素を合成した.

現在では

有機化合物は炭素原子を含んだ化合物

例外: 二酸化炭素, ダイヤモンド, 炭酸塩など



**有機物である尿素の人工合成
を初めて行った。**

F. ウェーラー(1800～1882)

表 8. 1 有機化合物と無機化合物の特徴

	有機化合物	無機化合物
(1)所在	地表	地球全体
(2)元素組成	C, H, O, N, P, S, ハロゲンなど少数	全ての元素
(3)結合	ほとんどが共有結合	イオン結合が多い
(4)沸点, 融点	低いものが多い	高いものが多い
(5)溶解性	有機溶剤に溶けるものが多い	水に溶けるものが多い
(6)燃焼性	燃えるものが多い	燃えないものが多い
(7)数	多い (1500 万)	少ない (3~4 万)

有機化合物の特徴

－有機化合物の見分け方－

砂糖と塩を加熱してみると、...

塩 → ほとんど変化がない

砂糖 → 溶けながら燃える

これは、有機化合物に一般に見られる特徴である。

「溶ける」→融点が低い

「燃える」→多く含む炭素が酸化する

The periodic table of the elements. [元素周期表]

典型非金属

典型金属

遷移金属

	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIII			IB	IIB	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIA	0
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H 1.01																	2 He 4.00
2	3 Li 6.94	4 Be 9.01											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
3	11 Na 23.00	12 Mg 24.31											13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
4	19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.89	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.39	31 Ga 69.72	32 Ge 72.61	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
5	37 Rb 85.48	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc [99]	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.29
6	55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57~71 *	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.21	83 Bi 208.98	84 Po [210]	85 At [210]	86 Rn [222]
7	87 Fr [223]	88 Ra [226]	89~103 **	104 Unq [261]	105 Unp [262]	106 Unh [263]	107 Uns [262]	108 Uno [265]	109 Une [266]	* ランタノイド元素 ** アクチノイド元素			詳細情報 (全元素)					

炭素は第2周期の中央にある。

*	57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm [145]	62 Sm 150.36	63 Eu 151.97	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.04	71 Lu 174.97
**	89 Ac [227]	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np [237]	94 Pu [239]	95 Am [243]	96 Cm [247]	97 Bk [247]	98 Cf [252]	99 Es [252]	100 Fm [257]	101 Md [256]	102 No [259]	103 Lr [260]

有機化合物の特徴

(2) 元素組成 C, H, O, N, P, S, ハロゲンなど少数

(3) 結合 ほとんどが共有結合

炭素原子は、周期表の第2周期の中央にあり、イオンになりにくく、共有結合を作る。そして、炭素-炭素結合が連なった炭素原子の鎖を作ることができる。

したがって、共有結合を作ることができるH, O, N, P, S, ハロゲン元素などと結合する。

(4) 沸点, 融点 低いものが多い

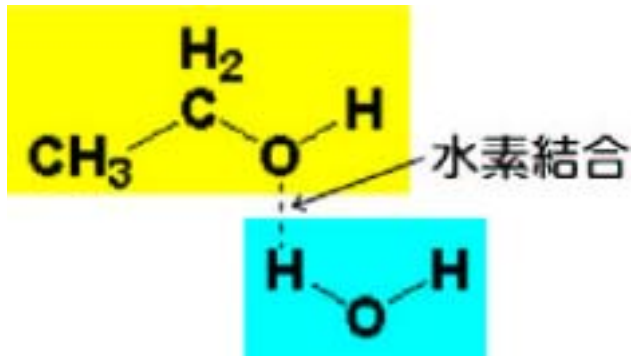
分子間に働く力は弱いファンデルワールス力であるので、融点・沸点は低い。

有機化合物の特徴

(5) 溶解性 有機溶剤に溶けるものが多い

「似たものは似たものと溶けあう」
“*Like dissolves like.*”

一般に，分子構造が似ているもの同士の方が，似ていないものより良く溶ける．



水とエタノールは良く溶け合うが，

水とヘキサンは溶け合わない (水と油は溶け合わない) ．

有機化合物の特徴

(7) 数 多い (1500万)

炭素－炭素結合が連なった炭素原子の鎖を作ることができる．炭素同士の結合にも，

単結合 ($\text{C}-\text{C}$) ，

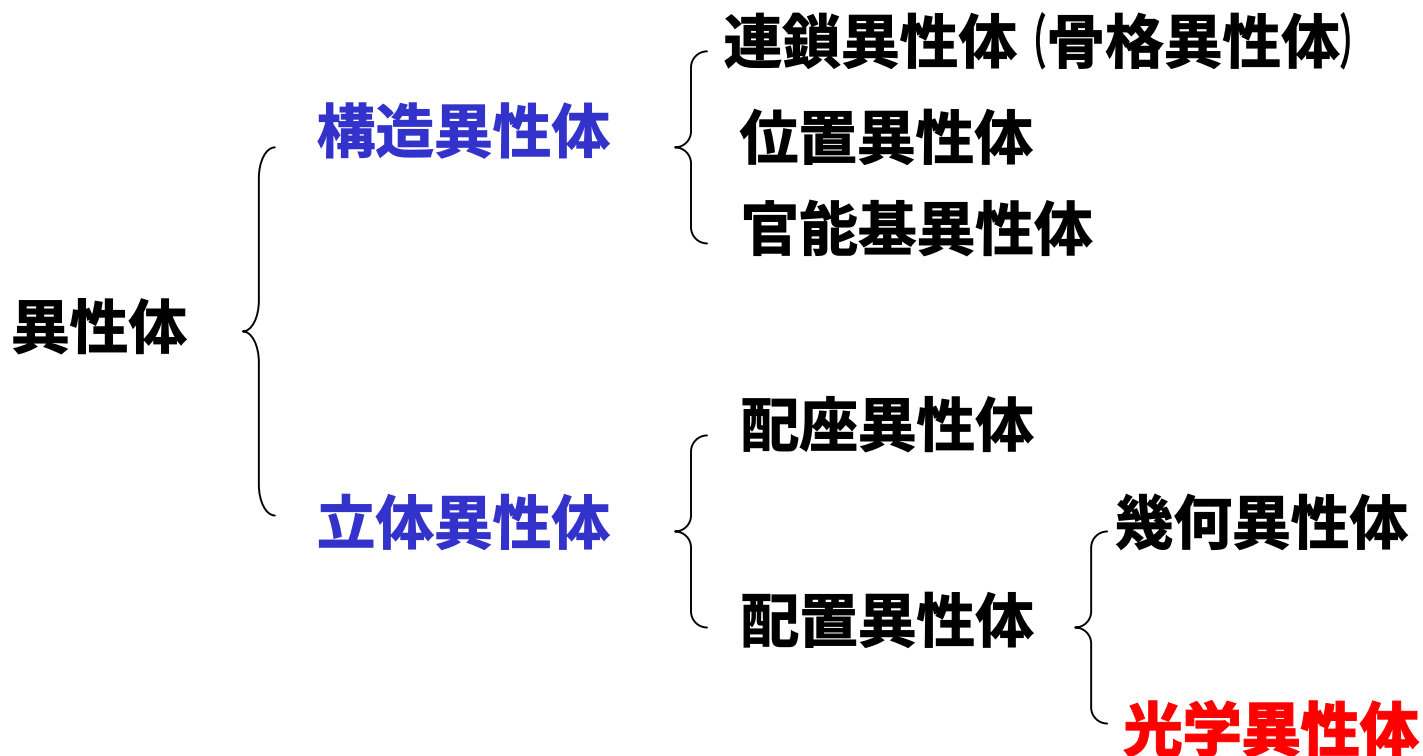
二重結合 ($\text{C}=\text{C}$) ，

三重結合 ($\text{C}\equiv\text{C}$)

の3種類があり，炭素数や連鎖様式の異なる多数の異性体を作ることができる．

さらにH, O, N, P, S, ハロゲン元素などの元素が結合する数，位置や結合様式によっても，構造の異なる多数の分子ができる

異性体の種類



構造異性体－連鎖異性体 (骨格異性体)

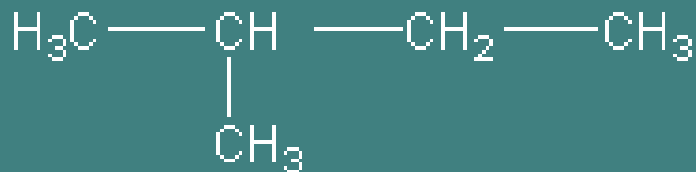
ペンタン C_5H_{12}

①



n-ペンタン

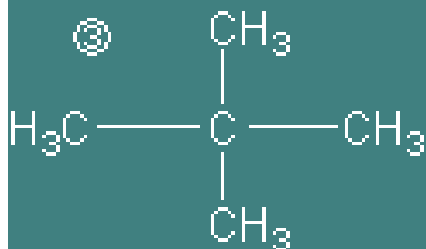
②



イソペンタン (慣用名)

2-メチルブタン (IUPAC名)

③



ネオペンタン (慣用名)

2,2-ジメチルプロパン (IUPAC名)

表 8 . 2 炭素数と骨格異性体数

炭素数	骨格異性体数
4	2
6	5
8	18
10	75
12	355
15	4,347
20	366,319
25	36,797,588

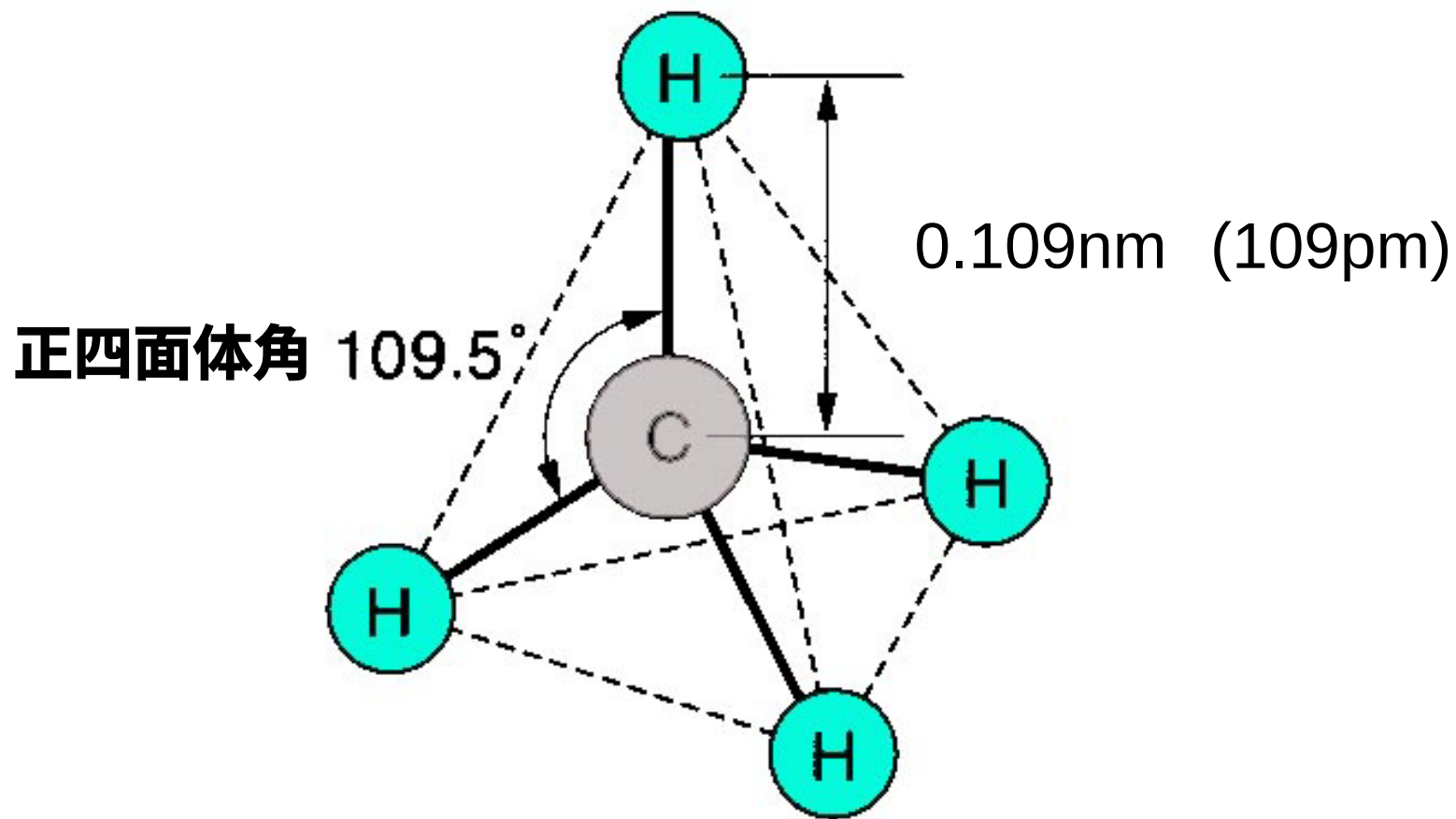
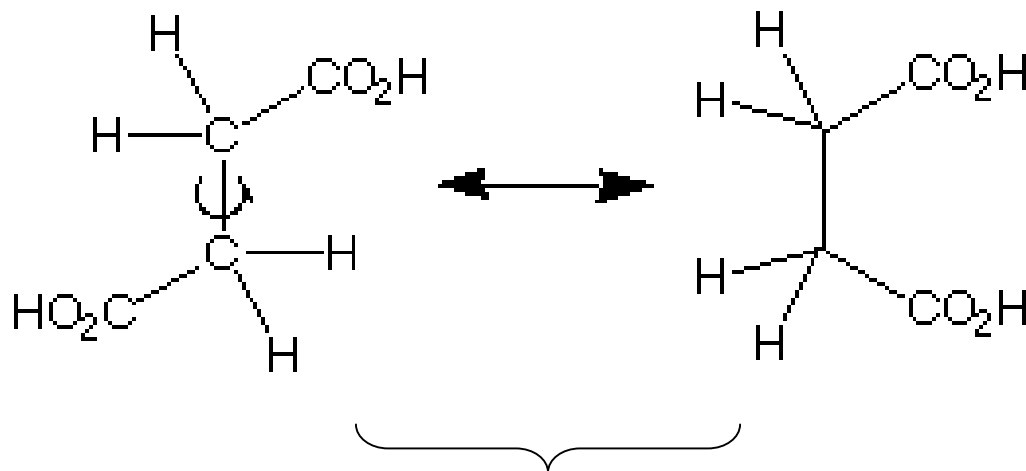


図 8.2 メタン分子の構造

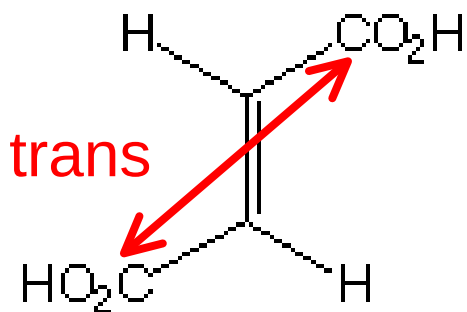
立体異性体－配座異性体

(単結合回りの回転異性体)



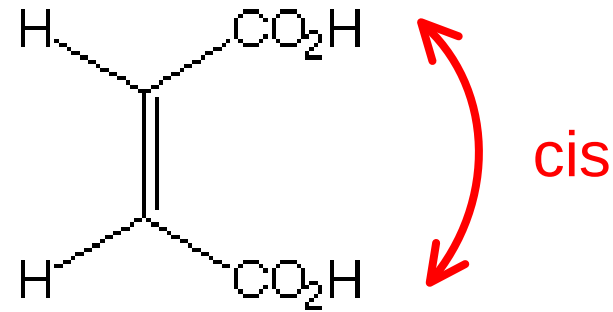
コハク酸

立体異性体－配置異性体－幾何異性体 (シスートランス異性体)



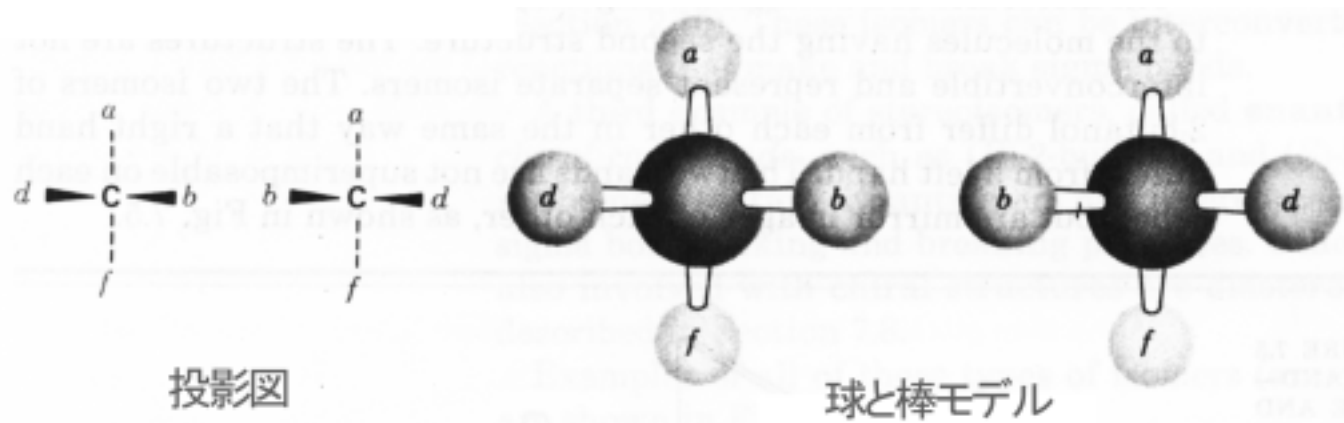
フマル酸 (トランス体)

$\neq$



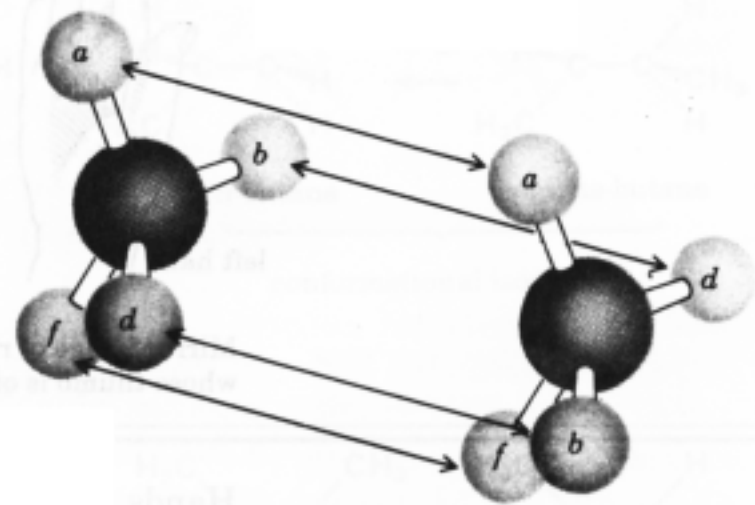
マレイン酸 (シス体)

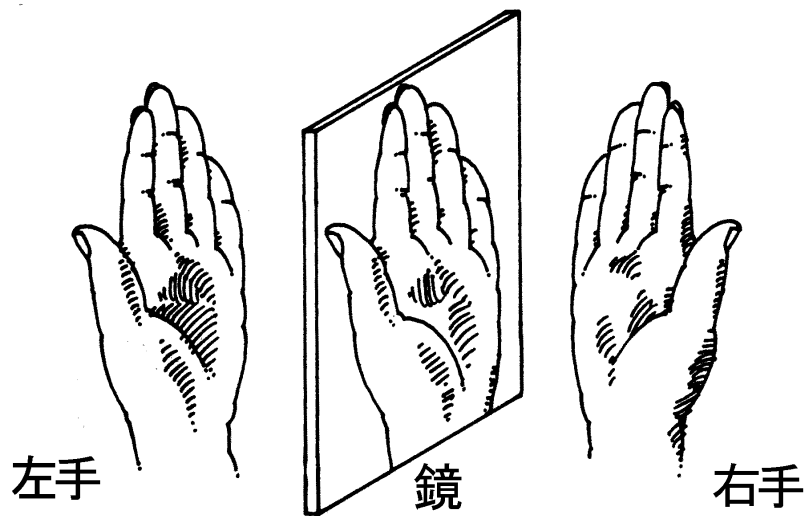
立体異性体ー配置異性体ー光学異性体



エナンチオマー：炭素原子に4つの異なる原子または原子団が結合するとキラル構造を作る

aとfの位置を同じにしてエナンチオマー同士を、
重ね合わそうとしても、bとdが反対側の位置に
くるので重ね合わすことができない





2つの分子の立体構造に互いに鏡像の関係が存在するとき、すなわち右手と左手の関係にあるとき、この両者は**対掌体 (エナンチオマー)**であるという。また、**実像分子と鏡像分子とが立体的に一致しない性質をキラリティー (chirality) と呼び、またこのような分子はキラル (chiral) であるという。実像分子と鏡像分子が一致するときはアキラル (achiral) であるという。**

キラルな分子は光学活性であり、エナンチオマーの一方が偏光面を右回転させる性質、すなわち右旋性の化合物 (+ で表わす) であるときは、他方のエナンチオマーは左旋性の化合物 (- で表わす) であり、この +, - 体の等量混合物はラセミ体と呼ばれ、旋光性を示さない。

8.2 官能基による有機化合物の分類

有機化合物は炭化水素基に官能基がついた構造をしている。官能基とは、ある種類の化合物に共通に含まれており、それらの化合物に共通な性質や反応性を示す原因となる

原子団, たとえば,

アルコール類に含まれる水酸基 ($-\text{OH}$),

または

結合様式, たとえば

エステル類に含まれるエステル結合 ($-\text{COO}-$) をいう。

表 8 . 3 官能基による有機化合物の分類

官能基の名称	化学式	一般名	一般式
水酸基（ヒドロキシル基）	-OH	アルコール	ROH
		フェノール類	ArOH
エーテル結合	-O-	エーテル	ROR'
アルデヒド基	-CHO	アルデヒド	RCHO
ケトン（カルボニル基）	-CO-	ケトン	RCOR'
カルボキシル基	-COOH	カルボン酸	RCOOH
エステル結合	-COO-	エステル	RCOOR'
アミノ基	-NH ₂	アミン	RNH ₂
アミド結合	-CONH-	アミド	RCONHR'
メルカプト基	-SH	メルカプタン	RSH
アゾ基	-N=N-	アゾ化合物	ArN=Nar'

8.3 炭化水素

(1) 分類と原料

		[一般名]	[例]
炭化水素	脂肪族	アルカン	メタン, エタン
		アルケン	エチレン
		アルキン	アセチレン
	芳香族		
			ベンゼン, トルエン

脂肪族炭化水素には, 上記の鎖式炭化水素の他にシクロヘキサンなどの脂環式炭化水素がある.

(2) アルカン C_nH_{2n+2}

アルカンの名称は、有機化合物の名称の基本になっている。

n	名称	化学式
1	メタン	CH_4
2	エタン	CH_3-CH_3
3	プロパン	$CH_3-CH_2-CH_3$
4	ブタン	$CH_3-(CH_2)_2-CH_3$
5	ペンタン	$CH_3-(CH_2)_3-CH_3$
6	ヘキサン	$CH_3-(CH_2)_4-CH_3$
7	ヘプタン	$CH_3-(CH_2)_5-CH_3$
8	オクタン	$CH_3-(CH_2)_6-CH_3$
9	ノナン	$CH_3-(CH_2)_7-CH_3$
10	デカン	$CH_3-(CH_2)_8-CH_3$

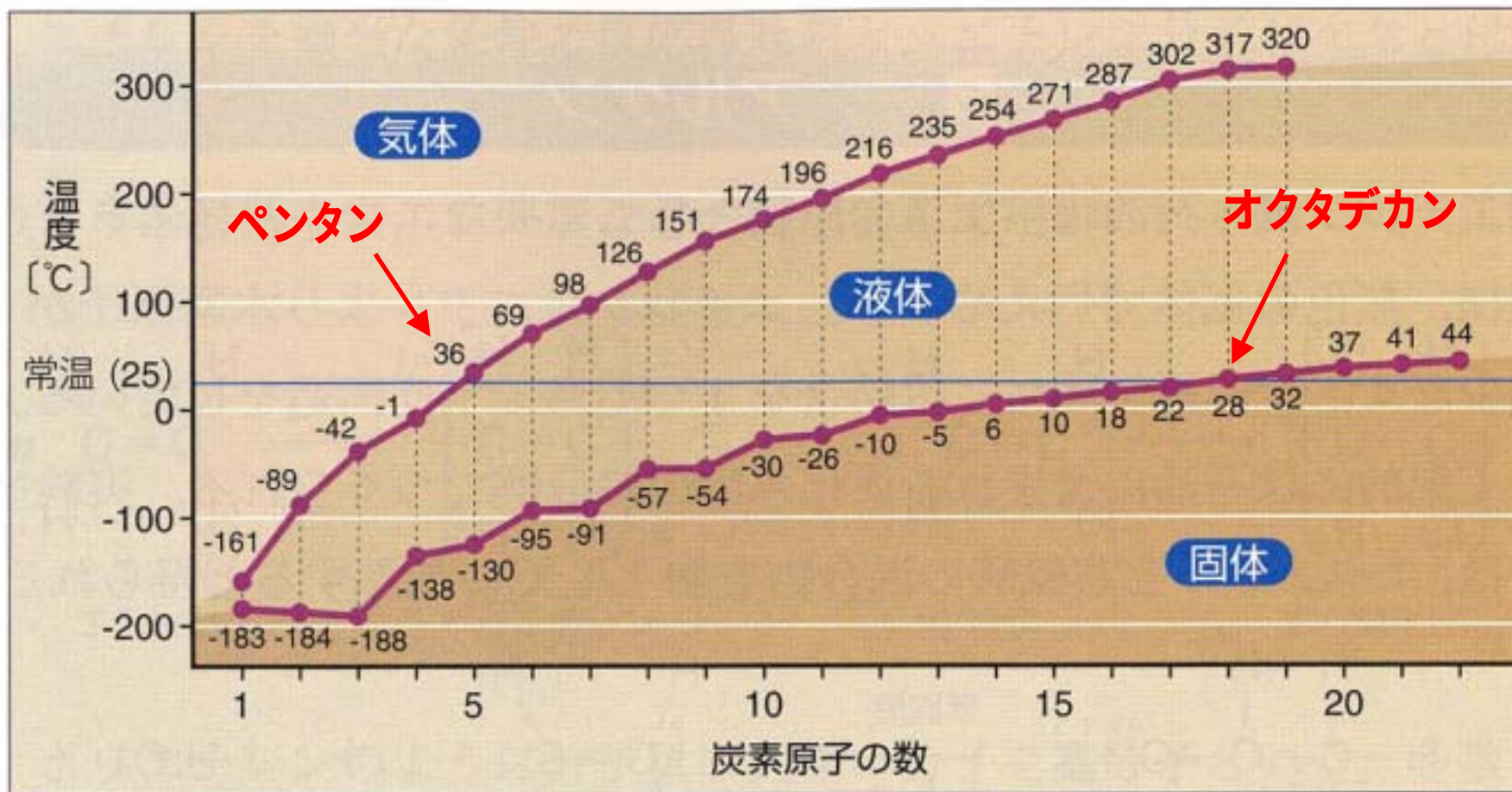


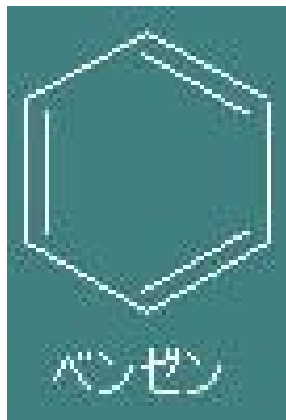
図 11 直鎖状のアルカンの性質（融点と沸点）

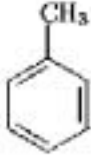
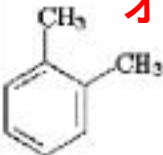
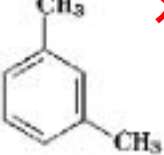
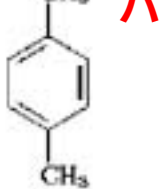
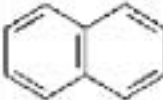
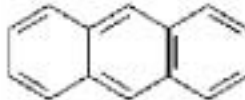
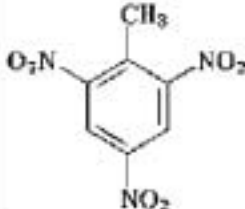
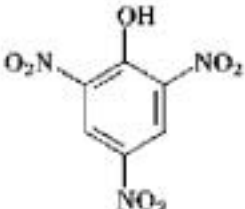
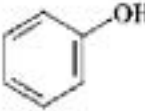
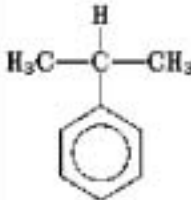
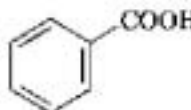
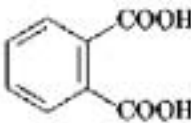
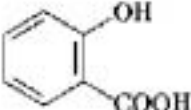
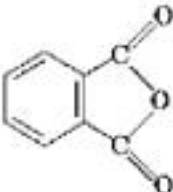
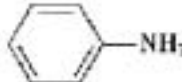
(3) アルケン (C_nH_{2n} : 二重結合が1つの場合)

二重結合を持つ脂肪族炭化水素をアルケンまたはオレフィンという。

(4) 芳香族炭化水素 (Ar-H)

ベンゼンなどの芳香族化合物を分子の一部として持つ炭化水素。



トルエン 	m-キシレン  オルト	ps-キシレン  メタ	p-キシレン  パラ
エチルベンゼン 	ナフタレン 	アントラセン 	ニトロベンゼン 
クロロベンゼン 	トリニトロトルエン 	ピクリン酸 	ベンゼンスルホン酸 
フェノール 	クメン 	安息香酸 	フタル酸 
テレフタル酸 	サリチル酸 	無水フタル酸 	アニリン 

位置異性体

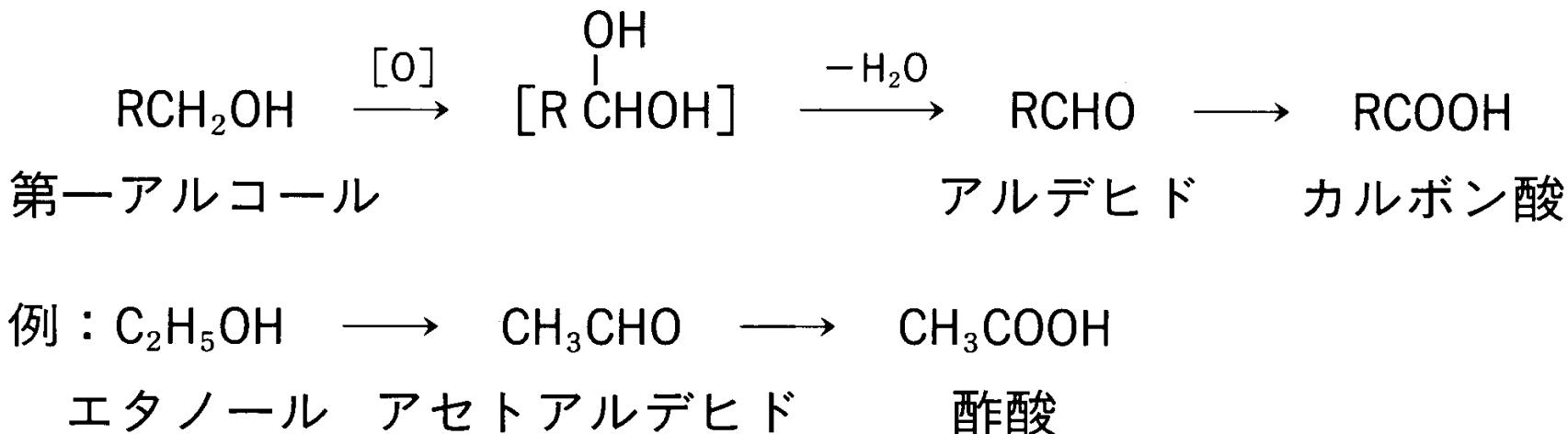


8.4 アルコール(R-OH)

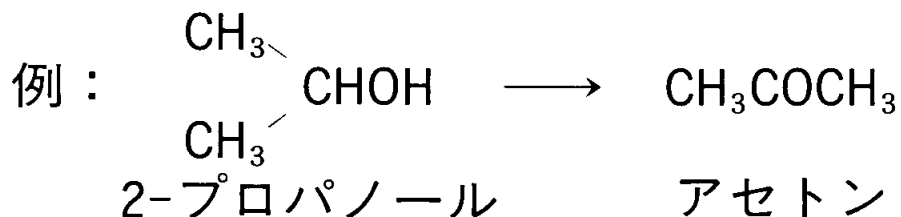
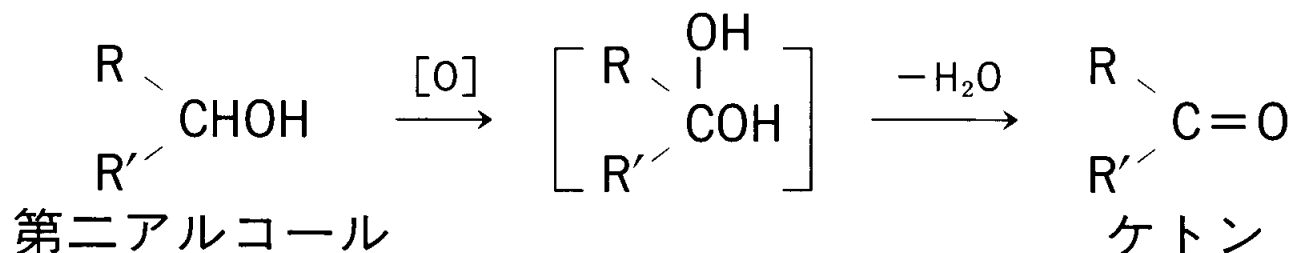
- (1) **アルコール**は脂肪族炭化水素の水素原子を水酸基で置き換えた構造(**R-OH**)をしている.
- (2) 水酸基の数が2つ以上のものを**多価アルコール**という.
多価アルコールには, エチレングリコール, グリセリン, 糖類などがある.
- (3) 芳香族炭化水素の水素原子を水酸基で置き換えたもの(**Ar-OH**)を**フェノール類**といい, フェノール (石炭酸) がその代表例である. フェノールは酸性を示し, 希薄水溶液は消毒液として使用される.

(2) アルコールの反応

アルコールの酸化は、水酸基が付いている炭素のC-H結合に酸素原子が割り込むことによって起こる。第一アルコールはまずアルデヒドになり、さらにカルボン酸に酸化される。

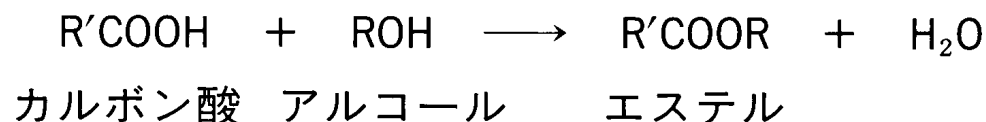


第二アルコールは、ケトンに酸化される。



第三アルコール (RR'R''COH) は、通常条件では酸化されない。

脱水縮合反応 分子間で水がとれて新しい結合ができる反応を脱水縮合反応という。アルコールはカルボン酸と脱水縮合反応してエステルを生成する。



2 分子のアルコールが脱水縮合反応をすればエーテルが生成する。

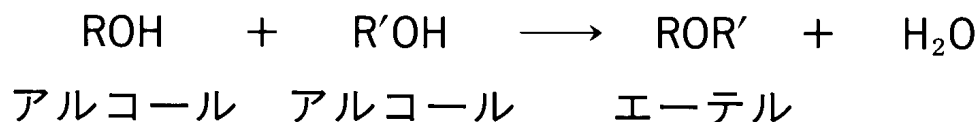


表 11 いろいろなエステル

エステルの化学式	$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$	$\text{CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11}$	$\text{C}_3\text{H}_7\text{COOC}_5\text{H}_{11}$
エステルの名前	酢酸エチル	酢酸ペンチル	酪酸ペンチル
におい	 パイナップルのにおい	 バナナのにおい	 なしのにおい

■ **ポリエステル** ■ テレフタル酸 $\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})_2$ と 1,2-エタンジオール (エチレングリコール) $\text{HO}(\text{CH}_2)_2\text{OH}$ が次々と縮合すると、ポリエチレンテレフタレート^{*1}ができる。

ポリエチレンテレフタレートは、ポリエステルと呼ばれる高分子の一つで、繊維、磁気テープ、PET ボトルなどに使われる。

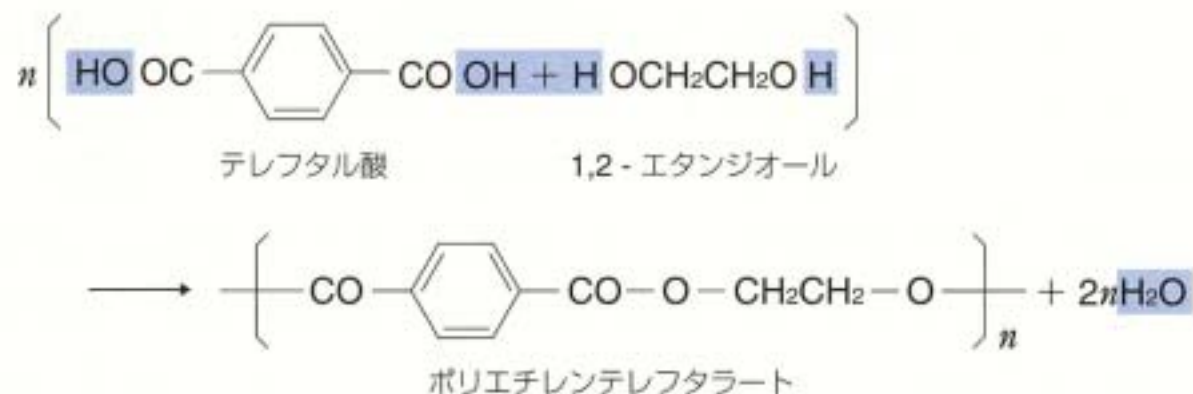


図 43 ポリエステルのシャツ

^{*1} polyethyleneterephthalate の頭文字をとって PET という。また、エステル結合 $-\text{COO}-$ をもつ高分子を総称してポリエステルという。

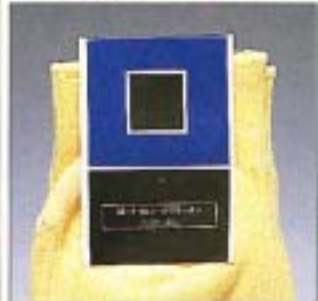
8.7 カルボン酸 (R-COOH)

カルボキシル基($-\text{COOH}$)をもつ化合物をカルボン酸といい、アルキル基にカルボキシル基がついたカルボン酸を脂肪酸という。

脂肪酸の性質

- (1) 電離して酸性を示す。(例：酢酸)
- (2) 水酸化ナトリウムやアミンなどの塩基とは酸塩基反応をする。
- (3) アルコールやアミンと脱水縮合反応をしてエステルやアミドをつくる。(例：6,6-ナイロン)
- (4) 炭素数が10以上の脂肪酸を高級脂肪酸という。脂肪酸は、天然には油脂のようにエステルとして存在することが多い。

表 10 カルボン酸の例とその性質

分類	1 価カルボン酸 (脂肪酸)		2 価カルボン酸		ヒドロキシ酸	
名称	ギ酸	酢酸	シュウ酸	アジピン酸	乳酸	クエン酸
化学式	HCOOH	CH_3COOH	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{COOH} \end{array}$	$\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{COOH} \\ \\ \text{C}(\text{OH})\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{COOH} \end{array}$
融点(℃)	8	17	187 (分解)	153	17	156~157
存在	アリから発見 	食酢中の成分 	ほうれん草に含まれる 	6,6-ナイロンの原料 	乳酸飲料に含まれる 	レモンに含まれる 

8.8 アミン (RNH_2 , $\text{RR}'\text{NH}$, $\text{RR}'\text{R}''\text{N}$)

アミンはアンモニア(NH_3)の水素原子を炭化水素基で置き換えた構造をしている。

アミンの性質

- (1) 塩基性であり，酸と反応して塩をつくる。
- (2) 炭素数の少ないアミンは水に良く溶けてアンモニアに似た臭気を持っていて有毒である。タンパク質が腐敗分解する場合には，それを構成するアミノ酸がアミンになり，悪臭を放つ。(例：魚の腐敗臭であるトリメチルアミン)
- (3) カルボン酸と脱水縮重合してアミドになる。
(例：タンパク質)

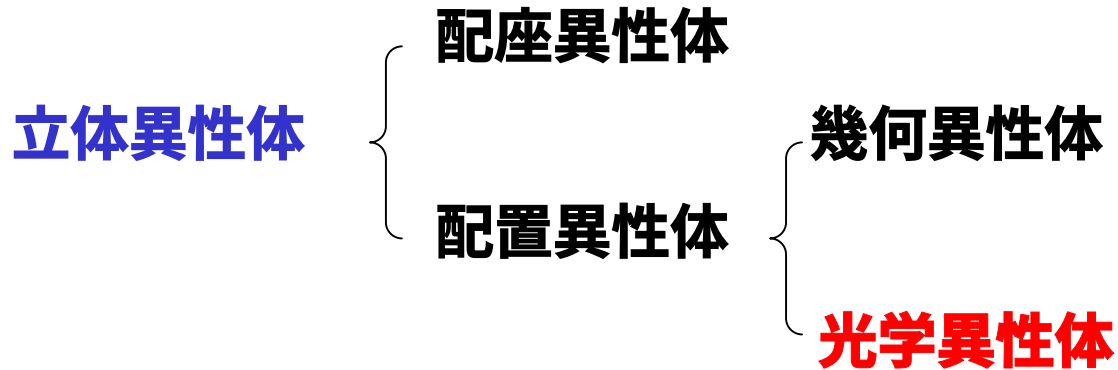
●代表的な「臭い」の種類とその主要成分

多成分の複合臭気である悪臭は、数百の揮発物質が分析されるほど。各々の成分の割合により臭いの質や強さが極端に異なることもある。

臭気	主要成分
人体臭（老廃物）	アンモニア、アミン類、メルカプタン類、低級脂肪酸類
糞尿臭	アンモニア、アミン類、硫化水素、メチルメルカプタン、インドール
排水臭	アンモニア、硫化水素、酪酸、アミン類、メルカプタン類
生ゴミ臭	トリメチルアミン、メチルメルカプタン、アルデヒド類、硫化水素、脂肪酸類

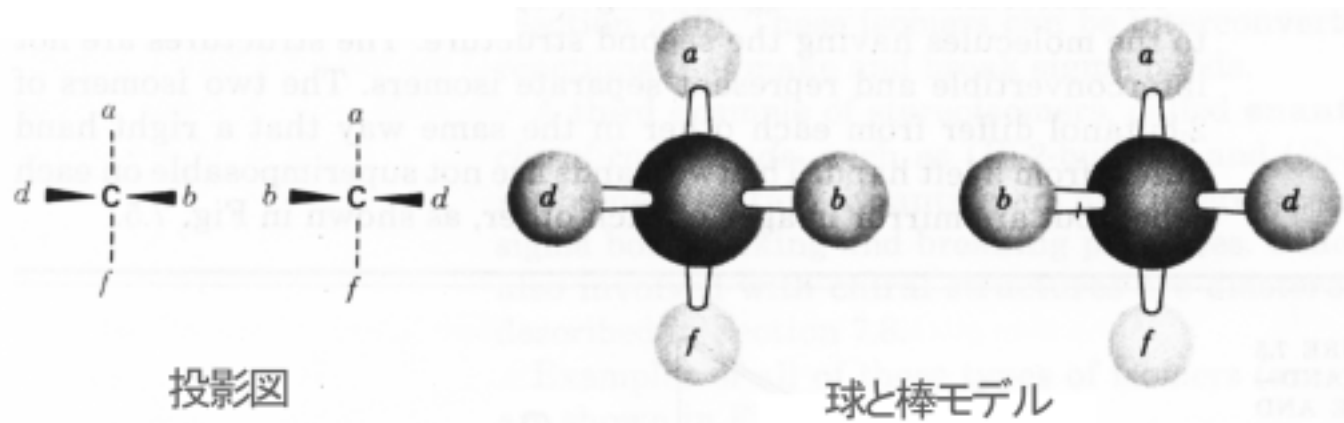
9章 脂質

9.1 立体異性体



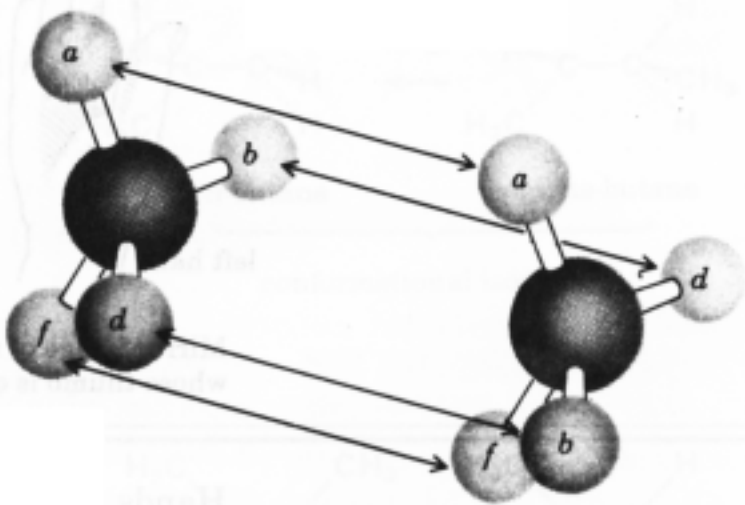
生物が作り出した物質である天然物は、立体的な規則性をもつことが多い。たんぱく質，脂質，核酸もそうである。

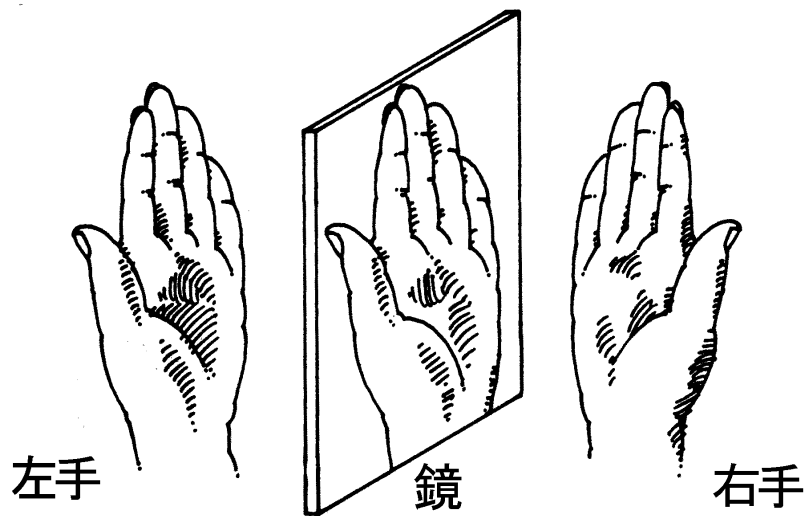
立体異性体ー配置異性体ー光学異性体



エナンチオマー：炭素原子に4つの異なる原子または原子団が結合するとキラル構造を作る

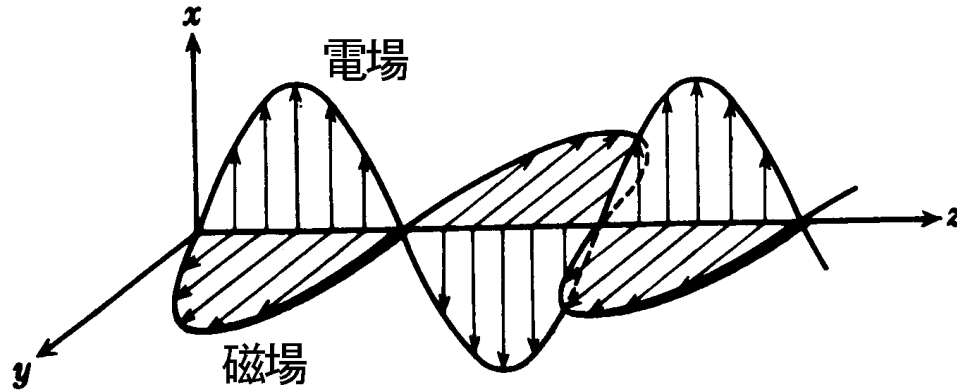
aとfの位置を同じにしてエナンチオマー同士を、
重ね合わそうとしても、bとdが反対側の位置に
くるので重ね合わすことができない





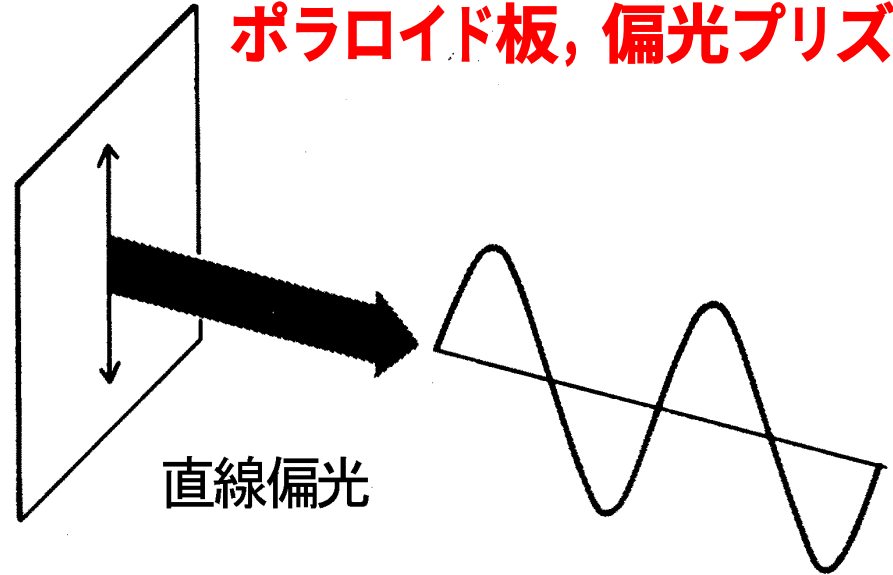
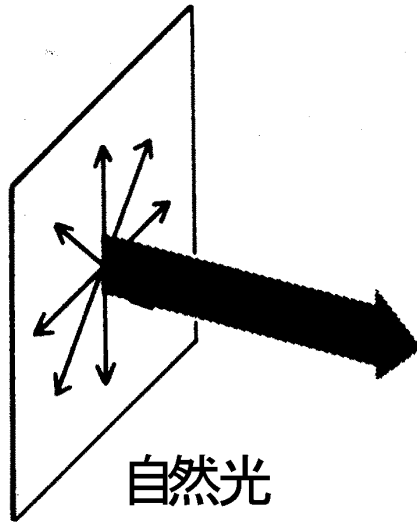
2つの分子の立体構造に互いに鏡像の関係が存在するとき、すなわち右手と左手の関係にあるとき、この両者は**対掌体 (エナンチオマー)**であるという。また、**実像分子と鏡像分子とが立体的に一致しない性質をキラリティー (chirality) と呼び、またこのような分子はキラル (chiral) であるという。実像分子と鏡像分子が一致するときはアキラル (achiral) であるという。**

キラルな分子は光学活性であり、エナンチオマーの一方が偏光面を右回転させる性質、すなわち右旋性の化合物 (+ で表わす) であるときは、他方のエナンチオマーは左旋性の化合物 (- で表わす) であり、この +, - 体の等量混合物はラセミ体と呼ばれ、旋光性を示さない。

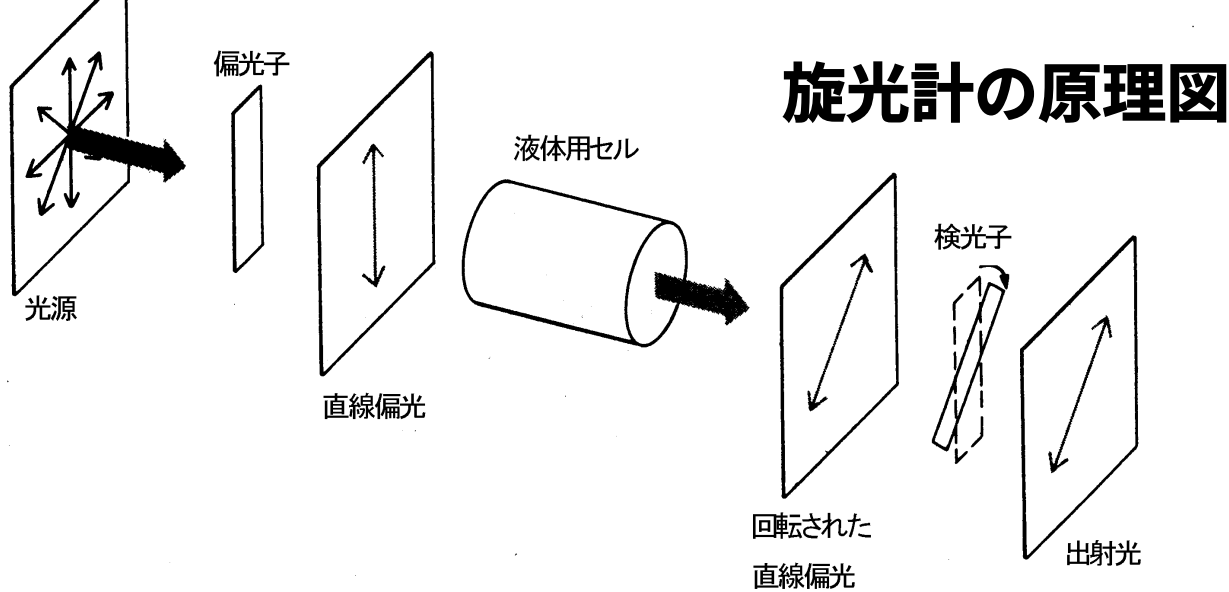


光は、その進行方向を含む互いに直交する2つの面の中で電場と磁場が同じ位相で振動して進む電磁波の一種である。波としての性質を考えるときには、電場を取り上げても、磁場を取り上げても同じことであるが、ここでは習慣にしたがって電場を取り上げて説明する。

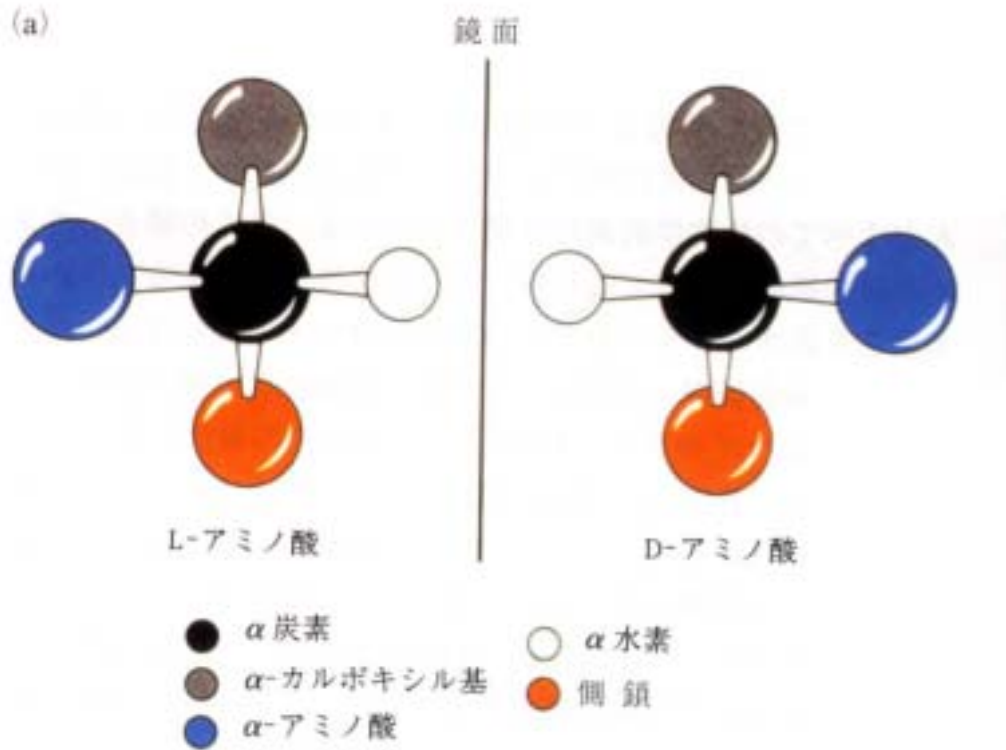
ポラロイド板, 偏光プリズム



普通の単色光は、その光の進行方向に対して垂直な全ての方向に振動している。しかし、ポラロイド板や偏光プリズムなどの特別な物質の中を通過させると、**ある特定な面内で振動する光**のみが選択的に透過する。このような光を**直線偏光**という。ポラロイド板はポリビニルアルコールフィルムを延伸して分子鎖が一定の方向に配向したフィルムにヨウ素を吸着させたものである。偏光プリズムは、方解石の複屈折を利用している。



水や空気および多くの有機化合物，たとえばエタノールなどの中では，偏光は何の変化もなく通過することができるが，19世紀のはじめに水晶や砂糖のような，ある種の物質の中では偏光面が回転することが見出された．このように**偏光面を回転させるような物質を光学活性であるという**．このような性質を測定するのに旋光計を用いる．旋光計は光源から出た光を固定偏光子で直線偏光に変え，液体試料の中を通過させる．試料を通過した光を回転偏光子（検光子）を通して最も明るくなるように回転させる角度 α で旋光度を表わす．



L-セリンは右旋性.

比旋光度

$$[\alpha]_D^{25} = +14.45^\circ$$

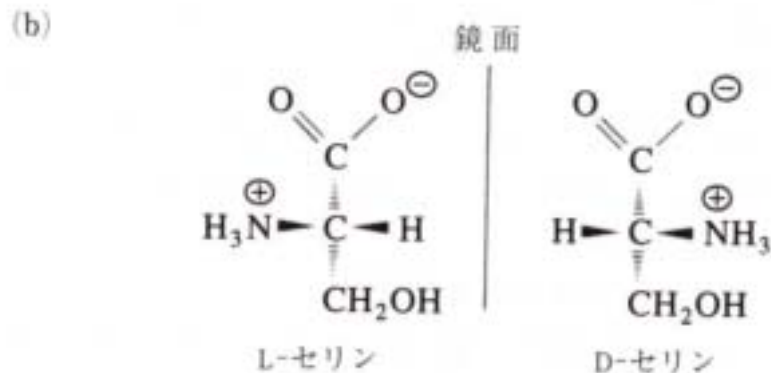
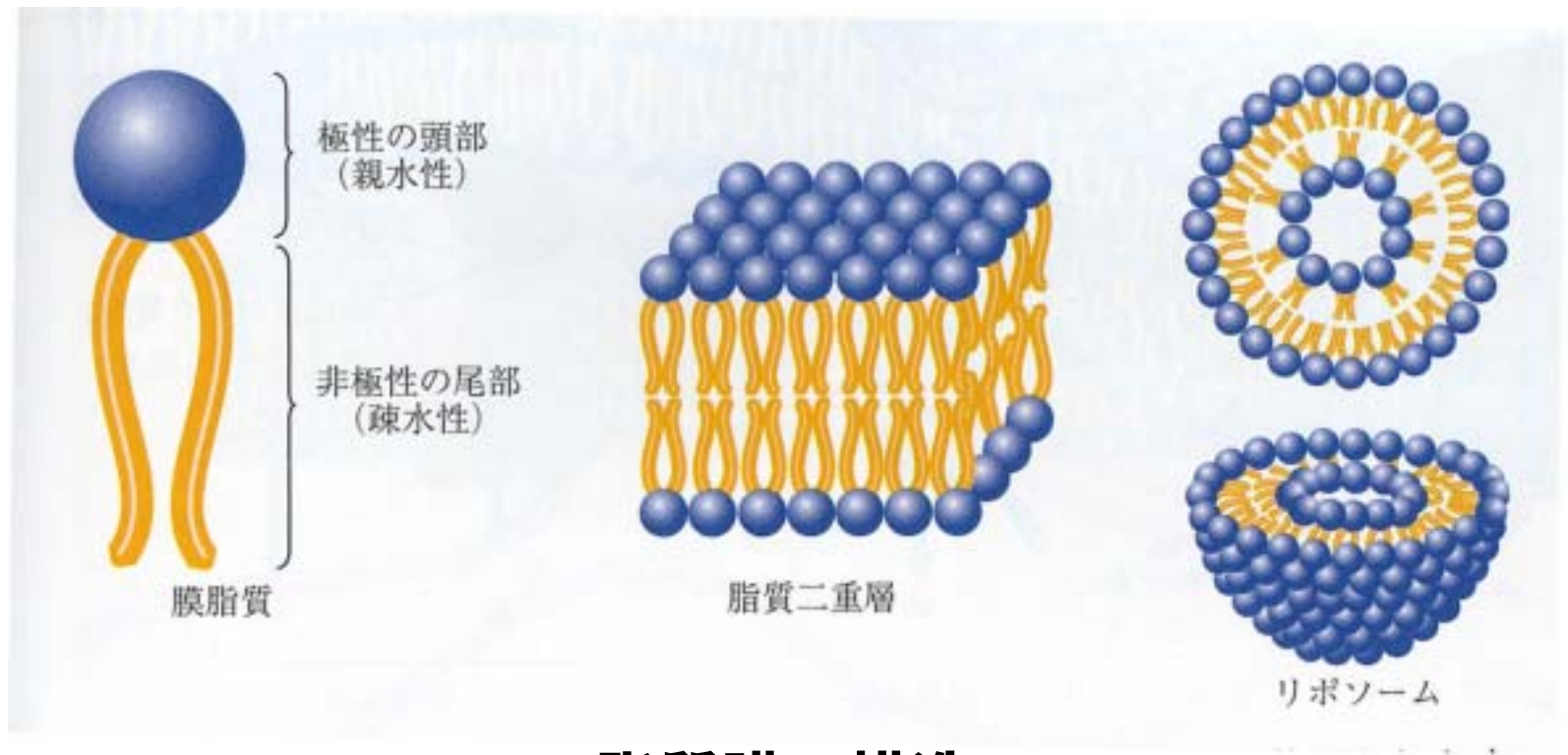
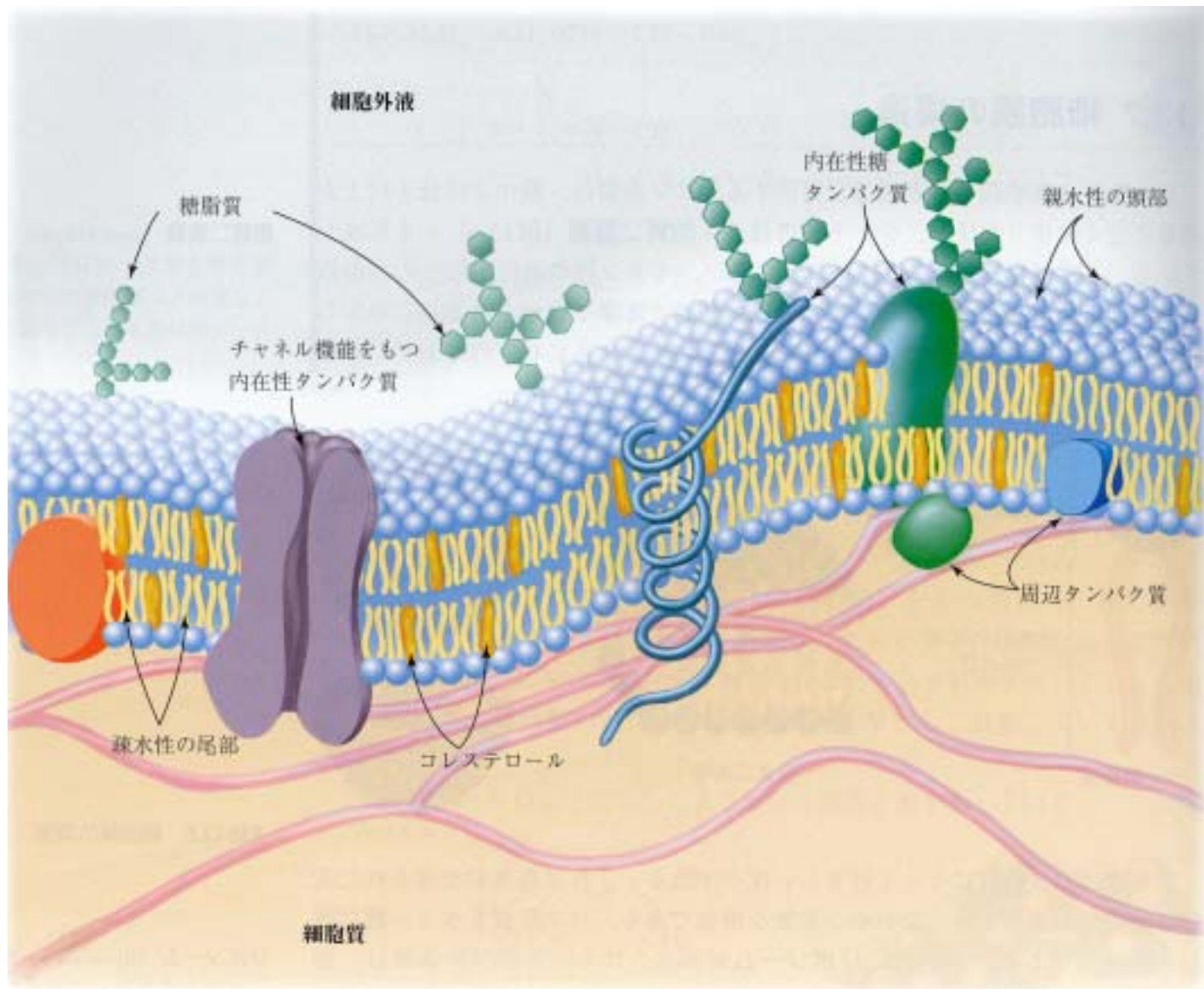


図 3・2 鏡像関係にある 1 対のアミノ酸. (a) L-と D-アミノ酸の一般構造. 二つの分子は同一ではない. つまり, 重ね合わせることができない. (b) L-セリンと D-セリン.



脂質膜の構造

リン脂質は細胞膜の基本構造を形作っている。膜中では、シート状の構造 (脂質二重膜) を形成している。



細胞膜の模式図